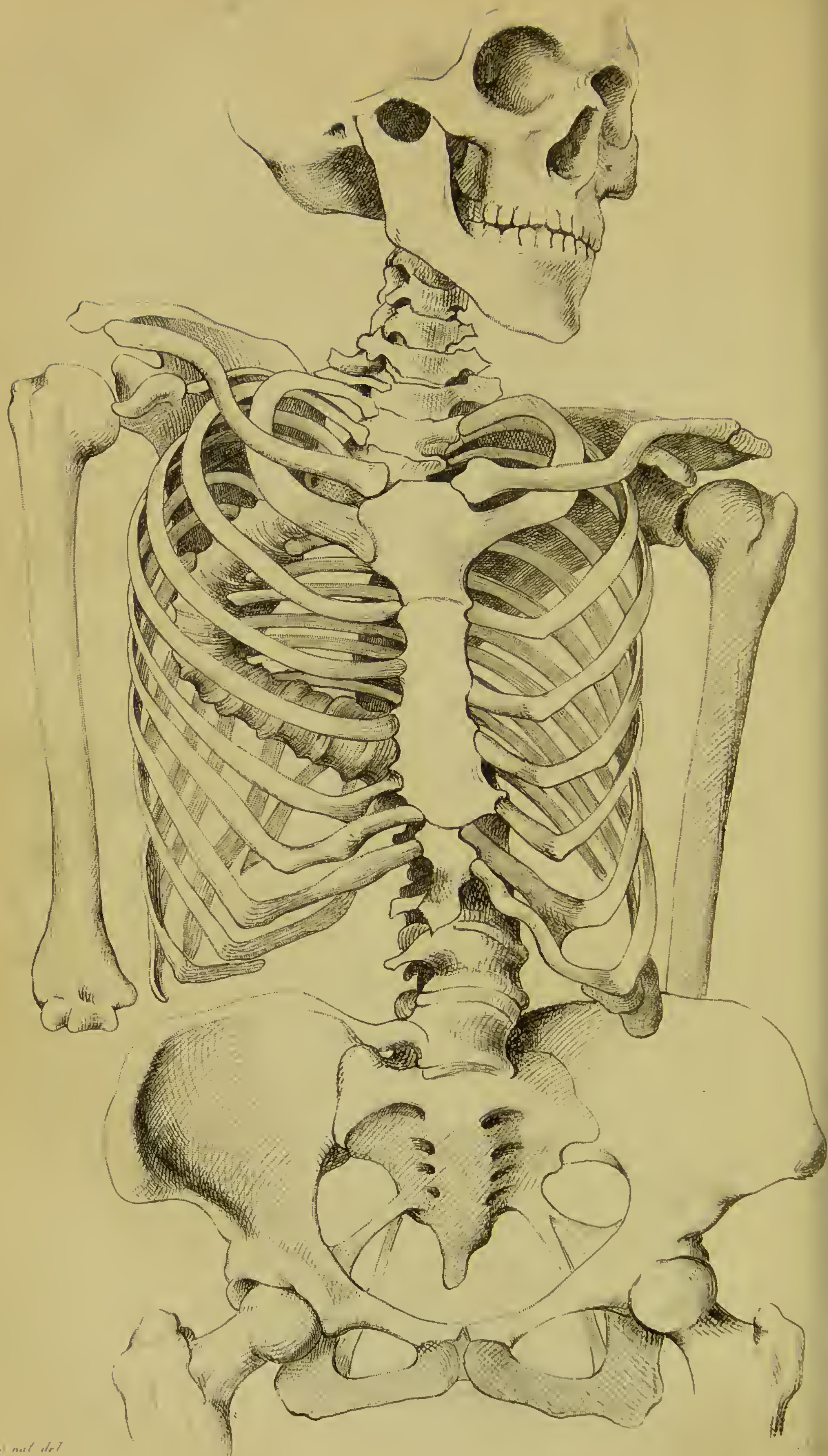
2





ad nat. del.

HANDBUCH

DER

ANATOMIE UND MECHANIK

DER

GELENKE

MIT RÜCKSICHT AUF

LUXATIONEN UND CONTRACTUREN.

VON

Dr. PH. JAK. WILHELM HENKE,

PROSECTOR UND PRIVATDOCENTEN IN MARBURG.



Mit 9 Kupfertafeln und 66 Holzschnitten.

LEIPZIG & HEIDELBERG.

C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.

1863.

MEINEN LEHRERN

HERRN HOFRATH DR. W. BAUM,

UND

HERRN HOFRATH DR. J. HENLE,

PROFESSOREN ZU GÖTTINGEN,

IN

DANKBARER VEREHRUNG

GEWIDMET.

Vorwort.

Der Titel dieses Buches ist nicht ganz wörtlich zu verstehen, sondern mehr nur in einem durch Gebrauch eingebürgerten Sinne. Es umfasst weder eine vollständige anatomische Beschreibung der die Gelenke zusammensetzenden Theile, noch eigentlich mechanische Erörterungen von auf dieselben wirkenden Kräften. Man versteht aber seit einiger Zeit unter Anatomie und Mechanik der Gelenke allgemein die rein geometrische Ableitung ihres Mechanismus aus der Gestalt und Verbindung ihrer Theile. So verstehe ich es hier auch. Dies kleine der Anatomie und Physiologie fast gleich sehr zugehörige Kapitel war lange sehr vernachlässigt und ist daher in letzter Zeit zum Gegenstande einer Reihe sehr dankbarer Untersuchungen geworden, die es schnell fürs Erste erschöpft zu haben scheinen und von denen ich, gestützt auf die Worte Göthe's „nur die Lumpe sind bescheiden", wohl sagen darf: „quorum pars magna fui". Ich bin daher in der glücklichen Lage, indem ich hiermit die erste Reihe eigener Arbeiten zum Abschlusse bringe, zugleich dem Gegenstande, dem sie gegolten haben, eine bis auf Weiteres genügende Abrundung geben zu können.

Es gilt dies aber nur mit Bezug auf die rein anatomisch-physiologischen Gesetze über die normalen Bewegungsbahnen der Knochen. Dagegen bitte ich die weiteren Anwendungen auf Muskelwirkungen und auch auf pathologische Störungen des Gelenkmechanismus mehr nur als gelegentlich angeknüpfte Beispiele für die Fruchtbarkeit jener zu betrachten, deren volle Erschöpfung ich theils vielleicht später folgen lasse, theils anderen überlasse. Eine vollständige Zusammenstellung der diesem Abschlusse der Lehre vom Mechanismus der Gelenke vorhergegangenen Einzeluntersuchungen schien mir überflüssig. Sie wäre zwar bei dem geringen Umfange der in Betracht kommenden Literatur nicht schwer gewesen; aber sie ist auch bei dem jungen Datum ihrer Entstehung für die, welche es interessiren kann, sehr leicht herzustellen. Nur wo es sich noch um die Anerkennung oder kurze Widerlegung einzelner Beobachtungen oder Ansichten Anderer handelte, habe ich die nöthigen Anführungen gemacht. Wer die nähere Begründung manches Einzelnen in meinen früheren Abhandlungen noch nachsehen will, findet sie leicht in der Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeuffer aus den Jahren 1856 — 1859.

Den 7. October 1863.

H.

Inhalt.

Einleitung.

Erstes Kapitel.
Mechanische Principien.

Zweites Kapitel.
Anatomie der Gelenke.

Erster Abschnitt.

Kopf und Rumpf.

Erstes Kapitel.

Biegsamkeit der Wirbelsäule.

Zweites Kapitel.

Dehnbarkeit des Brustkastens.

Drittes Kapitel.

Bewegung des Schädels.

Viertes Kapitel.

Bewegung des Unterkiefers.

Zweiter Abschnitt.

Arm und Hand.

Erstes Kapitel.

Schultergürtel und Schultergelenk.

Zweites Kapitel.

Ellbogen und Unterarm.

Drittes Kapitel.

Handgelenke.

Viertes Kapitel.

Gelenke der Mittelhand und Finger.

Dritter Abschnitt.

Bein und Fuss.

Erstes Kapitel.

Hüftgelenk.

Zweites Kapitel.

Kniegelenk.

Drittes Kapitel.

Fussgelenke.

Viertes Kapitel.

Mittelfuss- und Zehengelenke.

Druckfehler.

S. 111. Z. 5. nach des fehlt Spielraumes.

Einleitung.

§. 1. Vorbemerkungen.

Die vereinigte Anatomie und Mechanik der Gelenke behandelt den Bau derselben im Zusammenhange mit der dadurch bedingten Leistung, entwickelt den Mechanismus der den Knochen möglichen Bewegungen aus der Form der Theile, mit denen und durch die sie zu einem regelmässig gegliederten Ganzen in festem Zusammenhange verbunden sind. Es vereinigt sich also in dieser Behandlung derselben eine anatomische und physiologische Aufgabe, indem die eine Auffassung des Gegenstandes, die reine Formbeschreibung, mit der anderen, der berechneten Erklärung ganz verbunden, von jeder aber auch nur so viel hereingezogen wird, als durch die andere unmittelbar verständlich gemacht werden kann. Nicht mit in der Aufgabe begriffen sind daher die morphologischen Einzelheiten, die zum Verständniss der Beweglichkeit der Knochen nichts beitragen, und die mechanischen Betrachtungen, welche Berücksichtigung anderer Theile, namentlich aber Berechnung der Kräfte voraussetzen, durch welche die mit dem gegebenen Mechanismus ausführbaren Bewegungen zu physiologischen Zwecken wirklich gemacht werden. Doch ist ein gelegentliches Uebergreifen namentlich auf die mechanischen Folgerungen nicht ganz ausgeschlossen. So drängen sich die Anwendungen der Einsicht in den Mechanismus der Gelenke auf die Wirkung der Muskeln stellenweise unwillkürlich auf und insbesondere sind es ausserdem die praktisch wichtigen Erklärungen des Entstehens mechanischer Veränderungen am Skelet, welche stets gleich mit berücksichtigt zu werden verdienen und die Hereinziehung von wirklichen Bewegungen und den sie bedingenden Kräften fordern.

Die Verschmelzung von Anatomie und Physiologie, wie sie hier in der Behandlung der Gelenke geübt wird, wäre bekanntlich überhaupt der erwünschteste und natürlichste Weg zur leichten Auffassung und Darstellung des Baus und der Lebenserscheinungen des Organismus, wie in jeder anderen naturwissenschaftlichen Betrachtung die Beschreibung der Körper mit der Erklärung ihrer Leistung am klarsten gemeinsam zu behandeln ist. Nur ist dies leider auf die zusammengesetzten Organismen und so auch auf den menschlichen Körper noch zu wenig anwendbar, weil zu viele Formverhältnisse um ihrer topographischen Beziehungen der Praxis wegen berücksichtigt werden müssen, die doch ihrer Bedeutung für physiologische Leistungen nach nicht, oder noch nicht genügend erklärt werden können. Daher würde eine durchgeführte Verbindung der ganzen Anatomie mit directer physiologischer Anwendung zur Zeit noch ein unbehülfliches Stückwerk bleiben und nur einzelne Theile wie z. B. das Herz lassen bereits diese Behandlung zu. Vor allen gilt dies aber von den Gelenken, bei denen die Form und die mechanische Leistung in klar verständlichem Zusammenhang stehen. Diese günstigere Möglichkeit des Verständnisses der vorliegenden Formen aus den erfolgenden Leistungen ist der Grund, weshalb sich dieser Gegenstand zu einer getrennten Darstellung nach der Methode eignet, nach der man alle andern gern behandeln möchte, aber nicht durchweg behandeln kann.

Die Bedeutung des Gegenstandes ist ziemlich von selbst einleuchtend. Die reine Anatomie des Skelets wird durch die von vorn herein verständliche Auffassung desselben nur erleichtert und kann namentlich nur in Verbindung mit der Kenntniss aller Bahnen und Centra der normalen Lageveränderungen seiner Theile zu einer sichern Grundlage der topographischen Orientirung für die ganze übrige Masse des Körpers dienen, weil nur so die Lage der Weichtheile zu einzelnen Knochen bei den verschiedenen Stellungen dieser selbst zu einander die Bestimmung ihrer Lage zu anderen leiten kann. Für die physiologische Betrachtung mechanischer Vorgänge, bei denen Knochen mitwirken, gibt die Bestimmung der auf Grund der Gelenkconstruction möglichen Bewegungsformen die einzig feste Grundlage, da die Erörterung der wirksamen Kräfte, namentlich der Muskeln ohne diesen Anhalt in der Luft schwebt. Für die Chirurgie ist nur aus der normalen Mechanik und Gestaltung der Gelenke die pathologisch veränderte Verbindung der Knochen zu begreifen.

Ausser diesen sehr nahe liegenden, weiteren Anwendungen, zu welchen die Resultate des vorliegenden Studiums unmittelbar führen, verdient noch der Werth hervorgehoben zu werden, den der Gang desselben selbst für die Ausbildung der räumlichen Phantasie hat, da dieselbe zu den Seiten der geistigen Thätigkeit gehört, deren besondere Ausbildung dem Mediciner so nöthig ist und so oft fehlt. Zwar wenn es sich nur um räumliche Verhältnisse von Dingen handelt, die in Einer Ebene neben einander liegen, nur nach zwei Dimensionen des Raumes von einander entfernt sind, so wird meist die Hinleitung der Anschauung an denselben und die damit erreichbare Eintragung derselben in eine deutlich reproducirbare Vorstellung durch die bildlichen Darstellungen leicht geübt. Sobald es sich aber darum handelt mit der Phantasie das ebene Feld zu verlassen, in dem man sich die Dinge wie in einem einfachen Gesichtsfelde neben einander ausgebreitet denken kann, und Entfernungen in der dritten Dimension des Raumes aufzufassen, fällt jene Unterstützung fast ganz weg und es ist, um auch für diese ausgedehntere Raumvorstellung einige Leichtigkeit zu erlangen, eine angestrengtere Uebung im Bilden stereometrischer Bilder in der Phantasie erforderlich. Diese Uebung bietet kein Theil des medicinischen Studiums so methodisch (ausgenommen etwa noch die schwierigen Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen) als die Analyse der Gelenkbewegungen und der sie bedingenden Gelenkflächenform.

Die Eintheilung der speciellen Betrachtung der Gelenke ergibt sich von selbst aus der Gliederung des Skelets in das des Stammes und der beiden Extremitäten mit ihren grösseren und kleineren Abschnitten. Zuvor aber scheint es angemessen die allgemeinen Grundbegriffe von ihrer Construction kurz abzuhandeln, und zwar zuerst die allgemeinen mechanischen Principien, die dabei zur Anwendung kommen, insbesondere die geometrische Construction der Gestalten, welche den in Gelenken zu regelmässiger Beweglichkeit verbundenen festen Körpern zukommen, elementar zu bestimmen, sodann die Anwendung davon auf die in dem anatomischen Bau der Gelenke des menschlichen Körpers verwirklichten Bildungsgesetze, so weit sie allen im Ganzen gemeinsam sind, anzudeuten.

Erstes Kapitel.

Mechanische Principien.

§. 2. Grundprincip gleitender Verschiebung congruenter Contactflächen.

Verbindungen zwischen festen Körpern, welche ohne Lösung ihres Zusammenhanges gewisse gesetzmässige Bewegungen derselben gegen einander zulassen, können auf verschiedene Weise construirt werden. Die feinsten derartigen Constructionen, welche die Mechanik anwendet um die genaueste Regelmässigkeit der Bewegung mit der unbedeutendsten Behinderung derselben durch Reibung zu verbinden, beruhen darauf, dass, so weit dies physikalisch möglich ist, verschiedene feste Körper nur durch Punkte oder Linien (Spitzen oder Kanten) mit einander in Berührung stehen, um welche sich dann der eine drehen kann, während der andere still steht. Diese Construction setzt aber die festesten Stoffe voraus, aus welchen die sich berührenden Theile gemacht werden (Stahlschneiden in Glasrinnen), und gibt stets sehr leicht zerbrechliche Apparate; sie kommen an organisirten Körpern nicht vor. Eine zweite in der gewöhnlichen Technik häufig in Anwendung gebrachte Art von Verbindungen fester Körper, die eine regelmässige Bewegung zwischen ihnen zulassen, kommt dadurch zu Stande, dass sie sich mit verschieden gekrümmten Oberflächen an einander stemmen, welche sich von einander abwickeln. Sie berühren sich stets annährend nur mit Punkten oder Linien, aber in jedem Momente der Bewegung mit anderen, die einander folgen. Auch dies Princip setzt eine grosse Starrheit des Materials voraus, lässt wenig Schmiegsamkeit und Elasticität der Apparate zu; auch dies kommt an thierischen Skeletten, namentlich aber am menschlichen so gut wie gar nicht zur Anwendung. Regelmässig ist dagegen hier die dritte Art von Gelenkbildung, welche in der Technik ebenfalls bei Verbindungen fester Körper gebräuchlich ist, die, wobei sie sich beständig mit ganzen zusammenhängenden Stücken ihrer Oberfläche berühren, welche sich ohne die genaue Berührung aufzugeben über einander hingleitend regelmässig bewegen können.

Um zu einem einfachen Grundprincip für die Erklärung regelmässiger Bewegungen zwischen Körpern, die sich flächenhaft be-

rühren, und ihrer Abhängigkeit von der Form der berührenden Oberflächenstücke zu gelangen, muss man zwei Voraussetzungen machen, die beide zwar nicht absolut genau auf die Gelenke passen, aber doch hinreichend annähernd, um einer auf sie anwendbaren allgemeinen Betrachtung zum Grunde gelegt werden zu können; nur werden sich dann auch für solche Fälle, wo sie am wenigsten genau passen, kleine Ausnahmen von den so gewonnenen allgemeinen Regeln als möglich herausstellen. Die erste von diesen beiden Voraussetzungen ist die der absoluten Festigkeit der sich berührenden Körper oder der Unveränderlichkeit ihrer Form. Diese passt zwar streng genommen auf keinen physikalischen Körper und besonders nicht auf die sich in den Gelenken berührenden Knochenenden mit ihrem etwas elastischen Ueberzug von Knorpel, aber doch sehr annähernd. Die zweite Voraussetzung ist die des absolut genauen Schliessens der sich berührenden Oberflächen oder des gänzlichen Fehlens eines Abstandes zwischen denselben bei allen möglichen Lagen, die sie einnehmen können. Auch dies ist nicht ganz richtig, da die kleine Menge Flüssigkeit, welche die Gelenkflächen stets geschmeidig erhält, immer einen gewissen Raum zwischen ihnen einnimmt; er kann aber bei der Betrachtung sichtbarer Ausschläge der Bewegungen des Skelets in den bedeutenderen Gelenken ganz ignorirt werden. Unter diesen beiden Voraussetzungen nun ist durchaus nicht bei jeder Form der Fläche, mit welcher sich zwei Körper berühren, eine Beweglichkeit zwischen ihnen denkbar; z. B. ein Petschaft, welches dem damit gedruckten Siegel genau anschliesst, kann durchaus nicht bewegt werden ohne dass eins von beiden zerdrückt wird, oder dass ein leerer Raum zwischen ihnen entsteht, die flächenhaft ausgedehnte Berührung aufgehoben wird. Es kann überhaupt keine schleifende Bewegung einer Fläche über einer andern ohne Aufhebung ihrer innigen Berührung gedacht werden, wenn die Fläche bei jeder Bewegung ein nach drei Dimensionen ausgedehntes Raumstück beschreiben muss.

Hieraus folgt nun als Grundprincip der Construction von Gelenken mit schleifender Bewegung congruenter Berührungsflächen, dass diese Flächen die Eigenschaft haben müssen sich bewegen zu können ohne etwas anderes als ihre eigene ideale Fortsetzung zu beschreiben. Denn so wie sie diese verlassen, durchmessen sie nach drei Dimensionen ausgedehnte Raumstücke, entfernen sich von ihrem ruhend gedachten Ebenbilde; es muss also, wenn sie Oberflächen von festen Körpern sind, welche ursprünglich anderen von con-

gruenter Oberfläche genau anschlossen, eine Annäherung oder Entfernung der Körper stattfinden, die feste Form derselben oder die genaue Berührung aufhören. Kann sich dagegen eine Fläche so bewegen, dass sie sich selbst congruent bleibt, so kann auch ein Körper, dessen Oberfläche sie bildet, über einen anderen, der dieselbe Oberfläche hat, hingleiten und in genauer Berührung mit ihm bleiben. Dieser Bedingung entsprechen nun nur wenige sehr einfach gestaltete Flächen.

Um die Flächen darzustellen, welche nach diesem Grundprincipe genau genommen allein Berührungsflächen congruent schleifender Gelenke sein können, ist es nöthig von einer elementaren Betrachtung der einfachsten Arten von Bewegung auszugehen und zunächst die Linien aufzusuchen, welche sich so bewegen können, dass sie nur sich selbst fortgesetzt beschreiben, oder sich selbst congruent bleiben. Von diesen ist es leicht zu den Flächen zu gelangen, von denen dasselbe gilt. Wir können die Linien dieser Art als Ganglinien bezeichnen, da sie den Gang einzelner Punkte eines congruenten Gelenks bezeichnen, die Flächen, die sich congruent mit sich verschieben lassen, als Schleifungsflächen.

§. 3. **Drei Arten von Ganglinien.**

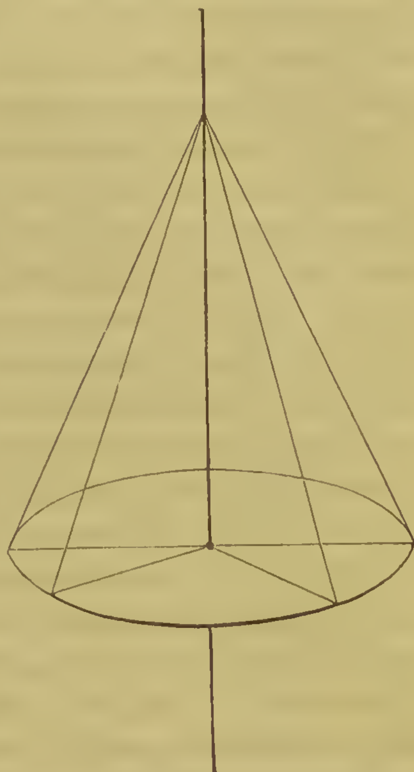
Ein Punkt bewegt sich nur dann so, dass er mit sich selbst congruent bleibt, wenn er sich um sich selbst dreht. In jedem andern Falle beschreibt er eine Linie. Man unterscheidet zwei Arten einfacher Bewegung: fortschreitende und drehende. Macht ein Punkt eine von diesen beiden allein, so beschreibt er eine Linie, welche dieselbe auch als Ganzes fortsetzen kann, ohne dass etwas anderes entsteht als ihre Fortsetzung. Dasselbe gilt drittens nur noch von einer der einfachsten Combinationen beider, die man Schraubenbewegung nennt.

I. Durch fortschreitende Bewegung beschreibt ein Punkt eine gerade Linie, in der er sich von seiner ersten Lage bei fortgesetzter Bewegung immer weiter entfernt. Ihre Lage und Richtung, die Richtung der Bewegung des Punktes, ist durch zwei Punkte in ihr, zwei Lagen des Erzeugungspunktes oder auch durch eine ihr parallele, die wieder durch zwei Punkte gegeben ist, zu bestimmen; die Grösse eines endlichen Stückes der Fortschreitung durch die Grösse eines Stückes Linie. Eine gerade Linie kann auch als Ganzes dieselbe fortschreitende Bewegung, welche der Erzeugungspunkt machen musste um sie zu beschreiben, fortsetzen

und beschreibt dann nur auch sich selbst. Denn jeder Punkt in ihr bleibt in dem Wege, den der Erzeugungspunkt machte, beschreibt also nur von Neuem dieselbe Linie.

II. Durch drehende Bewegung beschreibt ein Punkt einen Kreis, in dem er in seine erste Lage bei fortgesetzter Bewegung immer wieder zurückkehrt. Er bleibt dabei vom Mittelpunkt des Kreises stets gleich weit entfernt. Man sagt er dreht sich um diesen Punkt; damit ist aber die Bewegung noch nicht völlig bestimmt, weil er in verschiedenen durch diesen Punkt gelegten Ebenen Kreise um diesen Mittelpunkt beschreiben könnte. Man muss also ausser dem Mittelpunkte des Kreises, dem Drehpunkte, auch noch die Ebene, in welcher der Kreis liegt, die Drehungsebene kennen. Sie kann bestimmt werden durch noch zwei Punkte in ihr. Einfacher kann aber diese doppelte Bestimmung des Drehpunktes und der Drehungsebene ersetzt werden durch die Beziehung der Drehung auf eine gerade Linie, die im Mittelpunkte jenes Kreises, im Drehpunkte auf der Ebene des Kreises, der Drehungsebene, senkrecht steht. Für jeden Punkt dieser Linie gilt dasselbe, wie für den Mittelpunkt des Kreises, dass nämlich der bewegte Punkt stets gleich weit von ihm entfernt bleibt. Denn der Abstand jedes Punktes in dem Kreise, den der bewegte Punkt beschreibt, von irgend einem Punkte der Linie ist immer die Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen eine Kathete der Abstand des letzteren vom Mittelpunkte, die andere ein Radius des Kreises ist. Diese Linie heisst die Drehungsachse; man sagt: der Punkt hat sich um diese Achse gedreht, und damit ist seine Bewegung vollständig charakterisirt, weil damit die Drehungsebene und der Drehpunkt zugleich gegeben sind. Die Drehungsebene erhält man, indem man durch die ursprüngliche Lage des bewegten Punktes eine Ebene senkrecht zur Achse legt, und wo diese die Ebene schneidet, liegt der Drehpunkt. Die Grösse eines endlichen

Fig. 1.



Stückes einer drehenden Bewegung wird gemessen nicht durch die Länge des zurückgelegten Abschnittes der Kreisbahn, sondern durch ihr Verhältniss zu einem ganzen solchen Kreise. Dieser gilt als Einheit der Bewegung; wenn er beschrieben, der bewegte Punkt also in seine erste Lage zurückgekehrt ist, nennt man dies eine ganze Umdrehung um die Achse. Theile derselben werden gemessen durch den Winkel, den zwei von den Enden des zurückgelegten Kreisstückes zum Mittelpunkte gezogene Radien bilden. Vom Kreise gilt nun dasselbe wie von der geraden Linie, dass er, wenn er die Bewegung, welche der Erzeugungspunkt machen musste um ihn zu beschreiben, fortsetzt, auch nur sich selbst beschreibt.

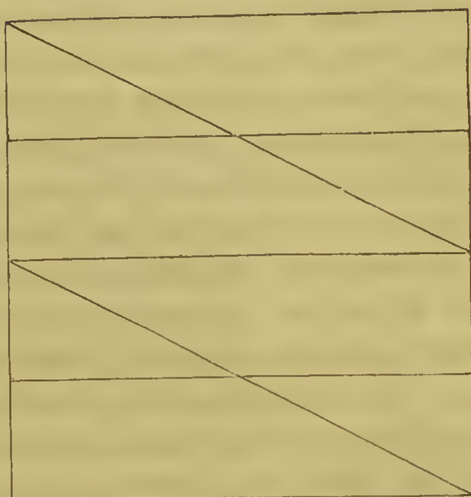
III. Die *Schraubenbewegung* im allgemein gebräuchlichen engeren Sinne ist die Combination fortschreitender und drehender Bewegung, wobei ein Punkt, während er in einer Richtung ein bestimmtes Stück fortschreitet, zugleich um eine ebenso gerichtete Achse um einen bestimmten Winkel gedreht wird, der zu jenem Stücke der Fortschreitung ein constantes Verhältniss hat, sowohl der Grösse als der Richtung nach, in welcher sie von einer gegebenen Lage aus auf der geraden Linie und dem Kreise, die jede von beiden einfachen Bewegungen für sich ergeben würden, sich folgen. Die Linie, die ein Punkt auf diese Weise beschreibt, die Schraubenlinie, liegt nicht, wie die gerade und der Kreis, in Einer Ebene, kann aber, wie jene beiden ebenfalls, auf einem Cylindermantel dargestellt werden. Auf diesem würde ein Punkt rein fortschreitend parallel der Achse eine gerade Linie beschreiben, oder rein drehend um die Achse einen Kreis. Verbindet sich beides gleichmässig und in gleicher Richtung, rückt der Punkt immer zugleich etwas gegen ein bestimmtes Ende der Cylinderachse vor, wenn er in einem bestimmten Sinne um sie herumgeht, so beschreibt er die Schraubenlinie. Sie wird in der Richtung der Achse angesehen als Kreis erscheinen, mit dem Cylindermantel selbst, auf dem sie liegt, aber niemals als gerade Linie wie der Kreis, wenn man ihn in seiner Ebene (senkrecht zur Achse) betrachtet, mit dieser thut. Sie läuft nicht wie der Kreis in sich zurück, sondern ins Unendliche fort; aber sie erreicht, nachdem ein ganzer Umlauf der Drehung gemacht ist, immer wieder die gerade Linie, in der sich der Erzeugungspunkt von seiner ersten Lage aus rein fortschreitend hätte bewegen können. Ein solcher Abschnitt der Bewegung heisst ein Schraubengang und das Stück von der geraden Linie zwischen der neuen und der ersten Lage ist das Mass der rein

fortschreitenden Bewegung, welche einem ganzen Verlaufe der drehenden entspricht; man nennt es die Steigung eines ganzen Ganges der

Fig. 2.



Fig. 3.



Schraubenlinie. Das dadurch bestimmte Verhältniss zwischen beiden, das sich bei fortgesetzter Bewegung gleich bleibt, kann auch noch anders ausgedrückt werden, wenn man sich den Cylindermantel zu einem ebenen Viereck aufgewickelt denkt. Die Schraubenlinie wird dann zu einer geraden, gerade wie die Kreise, die um den Cylinder herumlaufen. Der Winkel, den sie mit einem von diesen bildet, heisst der Neigungswinkel der Schraubenlinie. Auch eine Schraubenlinie kann die Bewegung fortsetzen, welche ein Punkt machen musste um sie zu beschreiben, ohne dass sie selbst etwas anderes als sich selbst beschreibt.

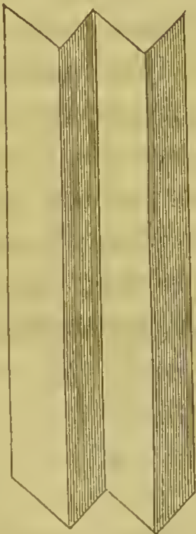
§. 4. **Drei Arten von Schleifungsflächen.**

Abgesehen von den drei eben besprochenen Fällen beschreibt jede Linie, wenn sie sich bewegt, eine Fläche; aber entsprechend denselben drei Fällen, beschreibt jede Linie, wenn sie sich rein

progressiv, rein drehend oder rein schraubenartig bewegt, eine Fläche, welche dieselbe Bewegung fortsetzen kann, ohne etwas anderes als ihre eigene Fortsetzung, ohne also ein Raumstück zu beschreiben. Denn jeder Punkt der Erzeugungslinie beschreibt eine der besprochenen drei Arten von Linien, die sich bewegen kann ohne etwas anderes zu beschreiben als sich selbst; und, wenn jede dieser Linien in der Fläche nur sich selbst beschreibt, thut es auch die ganze Fläche. Sie heisst eine Schleifungsfläche. Die von der Bewegung eines Punktes der Erzeugungslinie beschriebenen Linien in ihr nennt man Ganglinien der Schleifungsfläche oder schleifenden Bewegung derselben. Auf die Form der Erzeugungslinie kommt dabei zunächst nichts an. Dieselbe kann aber verschiedene specielle Fälle der drei Arten von Flächen bedingen, welche sich aus dieser Betrachtung ergeben. Wir betrachten dieselben zunächst alle drei abgesehen von speciellen Fällen, und dann diese, da sie zum Theil mehreren der drei Arten gemein sind, für alle drei zusammen. Als Erzeugungslinie denkt man sich beispielsweise für diese allgemeine Betrachtung am besten eine beliebig mehrfach geknickte, da diese der Fläche keine specielle Regelmässigkeit gibt.

I. Progressionsflächen sind solche, die man sich durch eine einfache fortschreitende Bewegung einer Linie entstanden denken kann. Man erkennt sie daran, dass man in einer bestimmten Richtung, parallel einer geraden Linie, unendlich viele Durchschnitte durch sie machen kann, welche sämmtlich gerade Linien geben, die einander parallel sind. In der Richtung, in welcher diese liegen, kann man sich denken, dass unendlich viele Punkte einer Erzeugungslinie sich einander parallel fortschreitend bewegt haben um jene Linien zu bilden, die sich dann also auch alle in dieser Richtung fortbewegen können, ohne etwas anderes zu beschreiben als ihre eigene Fortsetzung. Dasselbe gilt von der ganzen Fläche, in welcher diese parallelen Linien liegen; sie bleibt sich selbst congruent, durchmisst kein Raumstück, wenn sie sich rein in der Richtung der parallelen Linien fortschreitend bewegt. Wenn zwei Körper sich in einer solchen Fläche genau congruent berühren, so

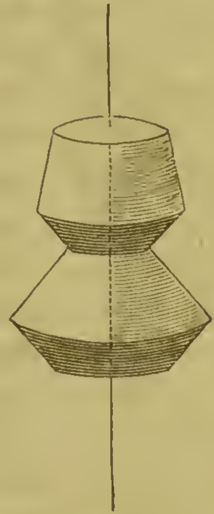
Fig. 4.



dass die Rinnen und Leisten des einen und anderen in einander greifen, so kann sich der eine, wenn der andere ruht, in der Richtung derselben fortschreitend bewegen, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung aufhört, oder die Oberflächenform der beiden Körper sich verändert. Bei einer solchen Bewegung schreitet jeder Punkt des Körpers in einer jenen parallelen geraden Linie fort und alle um gleich grosse Stücke dieser Linien. Eine solche Verbindung von zwei festen Körpern nennt man einen Schlitten.

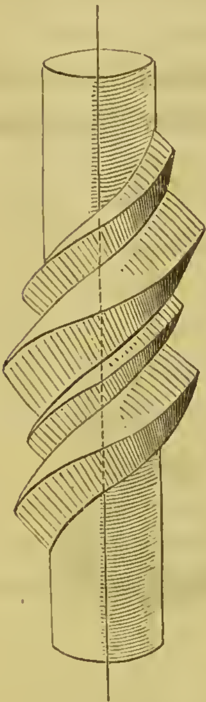
II. Rotationsflächen oder Oberflächen drehrunder Körper sind solche, die man sich durch eine einfache drehende Bewegung einer Linie entstanden denken kann. Man erkennt sie daran, dass man in einer gewissen Richtung, parallel einer gewissen Ebene, oder senkrecht zu einer gewissen geraden Linie, unendlich viele Durchschnitte durch sie legen kann, welche sämmtlich Kreise geben, deren Mittelpunkte in einer zur Ebene der Kreise senkrechten geraden Linie liegen. Um diese als Achse hat sich jeder Punkt der Erzeugungslinie gedreht und so einen Kreis beschrieben, der um so kleiner ist je näher der Achse der Punkt gelegen ist; hat sich die ganze Erzeugungslinie gedreht, um die Rotationsfläche zu beschreiben, deren Achse daher diese Linie genannt wird. Jeder Punkt der Erzeugungslinie ist von jedem der Achse gleich weit entfernt geblieben. Um diese kann sich jeder Kreis und also auch die ganze Fläche fortgesetzt drehen, ohne etwas anderes zu beschreiben als sich selbst. Wenn zwei Körper sich in einer solchen Fläche genau congruent berühren, so dass die Ringleisten und Ringfurchen des einen und andern in einander greifen, der, welcher die Achse einschliesst von dem anderen umfasst wird, so kann sich der eine, wenn der andere ruht, um die Achse drehen, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung aufhört, oder die Oberflächenform der beiden Körper sich verändert. Dabei beschreiben alle Punkte des bewegten Körpers einen Kreis in einander parallelen, zur Achse senkrechten Ebenen mit den Mittelpunkten in der Achse, und zwar drehen sich gleichzeitig alle Punkte um gleich

Fig. 5.



grosse Winkel, oder Bruchstücke eines ganzen Kreises, legen aber ungleich lange Wege zurück, da die Kreise um so grösser sind, je weiter jeder Punkt von der Achse entfernt ist; und diese Entfernung bleibt sich stets gleich. Eine solche Verbindung von zwei festen Körpern heisst ein Drehgelenk, Charnier oder Ginglymus, die zur Achse senkrechten Ebenen, in welchen die Kreise liegen, heissen die Drehungsebenen.

Fig. 6.



III. Schraubenflächen im gewöhnlichen engeren Sinne, oder Cylinderschrauben, wie sie zur Unterscheidung auch genannt werden, sind solche, welche dadurch entstanden gedacht werden können, dass irgend eine Linie eine einfache Schraubenbewegung, wie sie oben definirt wurde, gemacht hat. Man kann sie nicht wie Progressions- oder Rotationsflächen an gewissen Durchschnitten erkennen, da die charakteristischen von einzelnen Punkten der Erzeugungslinie beschriebenen Linien nicht in Ebenen liegen, sondern auf Oberflächen von Cylindern; aber man kann ein System von Cylindern mit einer gemeinsamen Achse annehmen, welche die Schraubenfläche in einzelnen Schraubenlinien schneiden, die sämmtlich mit derselben Höhe und Richtung der fortschreitenden Bewegung einem Umlaufe der drehenden entsprechend, steiler auf den engeren, allmäliger auf den weiteren Cylindern um die gemeinsame Achse derselben herumlaufen. Jede Schraubenlinie der Fläche kann als entstanden durch eine Schraubenbewegung von bestimmter Steigung um diese Achse gedacht werden und kann diese Bewegung fortsetzen ohne etwas anderes zu beschreiben als sich selbst, und so kann es auch die ganze Schraubenfläche. Wenn zwei Körper sich in einer solchen Fläche genau congruent berühren, so dass die Schraubenleisten und Schraubenfurchen des einen und des anderen in einander greifen, so kann der eine, wenn der andere ruht, die Schraubendrehung um die Achse mit gleichbleibender Richtung und Höhe der Fortschreitung bei einer gewissen Drehung ausführen, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung aufhört, oder die Oberflächenform der beiden Körper sich verändert. Dabei beschreiben alle Punkte des Körpers Schraubenlinien, die in demselben Sinne gewunden um die Achse laufen und bei jedem

Stücke der Bewegung ist für jeden derselben die Länge der fortschreitenden und der Winkel der drehenden Bewegung, die er gemacht hat, gleich gross. Die entsprechenden Stücke einzelner solcher Schraubenlinien bei einem Stücke der Gesammtbewegung sind um so länger, ebenso wie der Durchmesser des Cylinders auf welchen sie laufen, je mehr der Punkt, der in ihnen geht, von der Achse entfernt ist; und diese Entfernung bleibt sich gleich. Der Neigungswinkel aber ist dann um so kleiner, da sich die Steigung zu gleicher Höhe auf einen längeren Weg vertheilt oder, was damit auf eins hinauskommt, die Rechtecke, zu denen sich die Cylinderstücke aufwickeln lassen, so dass die Schraubenlinien in ihnen gerade Diagonalen werden, haben für einen Umgang bei allen die gleiche Höhe, die Breite aber ist der Umfang jedes einzelnen Cylinders, also kleiner für die, auf welchen die der Achse näheren Schraubenlinien liegen, also auch dann der Winkel grösser, den die Diagonale mit ihr bildet (Vgl. Fig. 2, 3, 6). Eine solche Verbindung von zwei festen Körpern nennt man allgemein eine Schraube.

Nicht mehr passend ist dieser Name und nicht mehr anwendbar der Begriff einer Schleifungsfläche auf Gewinde von Kanten und Furchen, die um andere Rotationskörper als Cylinder, z. B. Kegel aufgewunden sind. Denn die Loxodromen derselben gehören nicht zu den Linien, die congruent mit sich selbst bewegt werden können, da ihre Krümmung nicht sich selbst fortgesetzt gleich bleibt, sondern stärker oder schwächer wird. Man hat auch keine Veranlassung dergleichen Contactflächen an Gelenken des menschlichen Körpers anzunehmen. Der Beweis Langers (Denkschriften der Akad. zu Wien XII. Bd. II. Abth. S. 13.) für das Vorliegen einer Schraube, deren Grundkörper ein Kegel sei, im Sprungbein ist falsch, wie aus dem eben in Betreff der verschiedenen Weite mehrerer Gänge derselben Cylinderschraube Entwickelten leicht zu ersehen ist. Er stützt sich darauf, dass die äussere Peripherie der Rolle grösser ist als die innere, was aber ebensowohl zwischen zwei Gängen derselben Schraube der Fall sein kann, wenn sie auf verschieden weiten Cylindern um dieselbe Achse gedreht sind.

§. 5. Specielle Fälle der drei Arten von Schleifungsflächen.

Auf die Gestalt der Erzeugungslinie einer Progressions-, Rotations- oder Schraubenfläche kam in der bisherigen Betrachtung nichts an. Man kann auch für jede einzelne derselben jede beliebige Linie in ihr als solche betrachten, welche nur einen Punkt mit jeder der für die Bewegung charakteristischen geraden Linien, Kreise oder Schraubenlinien gemein hat; gewöhnlich nimmt man dafür bei der Progressionsfläche ihren Durchschnitt senkrecht zur Progressionsrichtung, und bei den beiden anderen den Durchschnitt

durch die Achse. Man kann aber bei den meisten nicht in verschiedener Weise eine der drei Arten einfache Bewegung annehmen, durch welche die Fläche entstanden gedacht werden kann. Dies ist nur in drei speciellen Fällen möglich, bei denen denn auch die ganze Fläche verschiedene Arten von Bewegung machen kann ohne etwas anderes zu beschreiben als ihre eigene Fortsetzung. Diese drei Flächen sind die Ebene, die Cylinder- und die Kugeloberfläche.

I. Eine Ebene kann entstanden gedacht werden durch fortschreitende Bewegung und durch drehende, durch fortschreitende Bewegung jeder Linie in ihr in jeder ihr parallelen Richtung und durch drehende Bewegung jeder Linie in ihr um jede auf ihr senkrechte Achse. Jede dieser Bewegungen kann also auch die Ebene selbst machen und beschreibt dabei nur sich selbst. Wenn sich zwei Körper in einer Ebene congruent berühren, kann der eine, während der andere ruht, in allen zur Ebene parallelen Richtungen fortschreiten und um alle zur Ebene senkrechte Achsen sich drehen, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung aufgehoben, oder die Oberflächenform der Körper verändert wird.

II. Eine Cylinderoberfläche kann entstanden gedacht werden durch fortschreitende, durch drehende und durch Schraubenbewegung, durch fortschreitende Bewegung jeder um den Cylinder herumlaufenden Linie in der Richtung der Achse, durch Drehung jeder dem Cylinder entlang laufenden um die Achse und durch Schraubenbewegung von verschiedener Windungsrichtung und Höhe einer beliebigen Linie auf der Oberfläche um die Achse. Alle diese Bewegungen kann daher die Cylinderfläche auch machen ohne etwas anderes zu beschreiben als sich selbst. Wenn sich zwei Körper in einer Cylinderfläche congruent berühren, so dass der, welcher die Achse einschliesst, von dem anderen umfasst wird, so kann der eine, während der andere ruht, fortschreitend in der Richtung der Achse des Cylinders, drehend um die Achse des Cylinders, oder beides zugleich nach Art einer Schraube bewegt werden, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung der Körper aufgehoben oder ihre Oberflächenform verändert wird.

Stücke von Ebenen und Cylinderoberflächen können auch Stücke von zusammengesetzten Flächen einer der Arten, zu denen sie passen, ausmachen; sie können auch schon mit einander stückweise verbunden Progressions- oder Rotationsflächen bilden, die dann nicht mehr anders aufgefasst werden können. Ist ein Stück eines Cylinders mit einem Stück Ebene so verbunden, dass die

Achse des Cylinders der Ebene parallel liegt, so ist das Ganze eine Progressionsfläche, deren Richtung die Achse des Cylinders bezeichnet. Wenn sich zwei Körper in einer solchen berühren, können sie sich nur fortschreitend in dieser Richtung congruent schleifend an einander bewegen. Ist ein Cylinder durch ein zu seiner Achse senkrechtes Stück einer Ebene geschlossen, so ist das Ganze eine Rotationsfläche, deren Achse die Achse des Cylinders ist. Wenn sich zwei Körper in einer solchen berühren, können sie sich nur um diese Achse drehend congruent schleifend an einander bewegen.

III. Eine Kugeloberfläche kann nur als durch Drehung entstanden angesehen werden, aber durch Drehung um alle möglichen Achsen, die durch den Mittelpunkt der Kugel gehen. Denn senkrecht zu jeder derselben kann man unendlich viele parallele Schnitte durch dieselbe legen, welche sie in Kreisen treffen, deren Mittelpunkte in ihr liegen. Um alle diese kann daher die ganze Oberfläche der Kugel gedreht werden, ohne dass sie etwas anderes beschreibt als sich selbst. Wenn sich zwei Körper in einer Kugeloberfläche berühren, so dass die, welche den Mittelpunkt einschliesst, von der anderen umfasst wird, so kann sich der eine, während der andere ruht um alle durch den Mittelpunkt der Kugel gehende Achsen, oder, wie man gewöhnlich kürzer sagt um diesen, als Drehpunkt, drehen, ohne dass die flächenhafte genau congruente Berührung aufgehoben oder ihre Oberflächenform verändert wird. Eine solche Verbindung von zwei festen Körpern nennt man ein Kugelgelenk oder Arthrodie.

Ausser diesen drei speciellen Fällen von Flächen, die mit sich selbst congruent bewegt werden, also Berührungsflächen absolut genau congruenter Gelenke abgeben können, gibt es keine, welche einen andern Bewegungsmodus zuliessen als eine der drei Hauptarten zu der sie gehören überhaupt, und ebenso gibt es keine andern Arten von so beweglichen Flächen als jene drei, welche jener Bedingung entsprächen. Also wären, wenn das an die Spitze gestellte Princip absolut genaue Geltung hätte, mit der bisherigen Betrachtung schon alle möglichen Formen von Gelenkverbindungen zwischen zwei Knochen erschöpft. Dies ist aber, wie oben bereits bemerkt, nicht ganz der Fall und es sind daher noch einige Formen von Berührungsflächen anzuführen, die ebenfalls an Gelenken mit schleifender Verschiebung der Knochen über einander vorkommen.

§. 6. **Berührungsflächen annähernd genau congruenter Gelenke.**

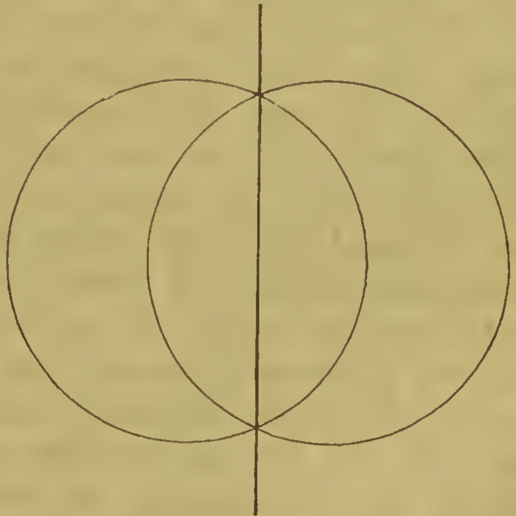
Zwei Voraussetzungen waren es, auf welche die allgemeine Anwendbarkeit des Princips congruent schleifender Flächenverschiebung auf die Gelenke gegründet werden musste: 1) die Unveränderlichkeit der Form, welche die von Knorpel überzogenen Gelenkenden darstellen; 2) das Fehlen jedes Abstandes zwischen zwei Gelenkflächen. Um ein Schema für die Gelenke zu gewinnen deren Construction dadurch möglich wird, dass diese Voraussetzungen nicht ganz streng richtig sind, genügt es von einer derselben etwas abzusehen. Bedenkt man, dass die Form der Gelenkflächen etwas veränderlich ist, was wohl in der That am meisten Abweichung vom strengen Princip bedingt (zumal in den Fällen, wo ausser überknorpelten Knorpelflächen auch glatte Oberflächen von rein faserknorpeligen Skeletstücken an der Bildung von Gelenken betheiligt sind), so ergibt sich, dass auch Flächen sich schleifend auf einander bewegen können, die genau genommen nicht, aber doch nahezu keinen Raum bei einer gewissen Bewegung zurücklegen, indem sich um so viel als dies eine Incongruenz zweier sich berührender Oberflächen bedingen würde, die Form derselben bei der Bewegung durch Compression oder Ausdehnung verändert wird. Bedenkt man aber, dass doch auch kleine Zwischenräume der Gelenkflächen entstehen und durch Flüssigkeit erfüllt werden können, so könnten sie doch noch gesetzmässig an einander bewegt werden, wenn sie bei unveränderter Form sich nur in Punkten oder Linien berührten. Die letztere Betrachtung würde auf Grund eines ganz neuen Princips schwierige Constructionen ergeben. Die erste lässt uns eine genügende Erklärung auch dieser Formen von Gelenken nach dem allgemein gültigen Princip finden, wenn wir einige Flächen betrachten, die sich den bisher betrachteten nahe anschliessen, zumal wenn man nur Stücke von ihnen in Betracht zieht (wie sie ja in der Anwendung immer nur als Stücke in Betracht kommen). Es liegt aber in der Natur der Sache, dass, wo die Genauigkeit aufhört, auch wohl zwei verschiedene Schematisirungen eine fast gleich gute Erklärung geben könnten, so dass man nur aus Rücksicht auf Bequemlichkeit eine der andern vorzieht.

I. R o t a t i o n s f l ä c h e n m i t z w e i A c h s e n d. h. also solche, durch welche man in zwei Richtungen ein System paralleler Schnitte legen könnte, welche sämmtlich Kreise geben, deren Mittelpunkte auf je einer zu ihnen senkrechten Linie lägen, so dass jede der-

selben als Achse der Fläche betrachtet werden könnte, solche Flächen gibt es eigentlich nicht ausser der Kugel, von der, wie schon besprochen, dass dasselbe von allen Linien gilt die durch ihren Mittelpunkt gehen. Es gibt aber eine Reihe von Flächen, die der Kugel nahe verwandt sind und von denen wenigstens Stücke sehr nahezu als drehrund in zwei Richtungen gelten können, indem sie es in der einen wirklich sind und ausserdem ein zweites System kreisförmiger Schnitte haben, die für ein nicht sehr grosses Stück der Fläche nahezu als einander parallel und zu Einer Achse gehörig angenommen werden können. Solche Stücke durchmessen bei Drehungen um zwei Achsen so gut wie keinen Raum, können also Berührungsflächen annähernd congruenter Gelenke mit Drehung um zwei Achsen abgeben. Man kann sie sich alle, wie die Kugel entstanden denken durch Drehung eines Kreises um eine mit ihm immer in Einer Ebene liegende Achse, nur dass dieselbe nicht durch den Mittelpunkt des Kreises geht.

Geht die Achse noch durch den Erzeugungskreis, so beschreiben die beiden ungleichen Stücke, in die sie ihn theilt, zwei verschiedene Körper, von denen der grössere, den wir als pomeranzenförmigen Körper bezeichnen können, den kleineren, welcher eine in der Richtung der Achse längliche Walze darstellt, einschliesst. Beide sind drehrund in Bezug auf die ihnen gemeinsame Achse, alle ihre zu dieser senkrechten (in der Figur horizontalen) Durchschnitte sind Kreise, deren Mittelpunkte in dieser Achse liegen. Es gibt ausserdem an jedem von beiden ein zweites System von Durchschnitten, welche Kreisbogenstücke sind, nämlich alle einzelnen Lagen, die der Erzeugungskreis angenommen hat, wenn er die Fläche beschrieb. Ihre Mittelpunkte liegen freilich nicht in einer geraden Linie, sondern in einem Kreis, den der Mittelpunkt des Erzeugungskreises bei der Drehung um die Achse auch selbst beschrieben hat. Die Ebenen dieser Kreise sind nicht parallel, sondern convergiren und schneiden

Fig. 7.



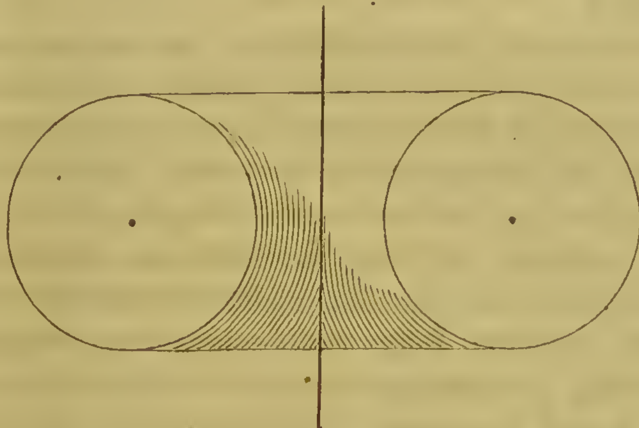
sich in der Achse. Sehen wir aber davon für einen beschränkten Theil derselben ab und lassen sie als parallel und das Stück des Kreises, auf dem ihre Mittelpunkte liegen, als Stück von einer geraden Linie gelten, so kann diese als zweite Achse gelten. Sie steht im Mittelpunkte einer Lage des Erzeugungskreises senkrecht auf der Ebene desselben (z. B. für ein Stück das theils vor, theils hinter der Ebene des Papiers liegt, senkrecht auf dieser) und überkreuzt demnach die Hauptachse senkrecht, ohne sie zu schneiden. Wenn wir senkrecht zu einer solchen angenommenen Achse wirklich parallele Schnitte durch die Fläche legen, so werden sie von jenen Kreisen wenig verschieden sein. Stücke der Oberfläche von beiden Körpern, wenn sie nicht gerade nahe der Achse liegen, wo der eine eine Spitze, der andere eine Einziehung hat, können also als in zwei zu einander senkrechten Richtungen drehrund gebogen gelten. Der Unterschied zwischen beiden ist nur, dass der Radius der zweiten nur annähernd genauen Krümmung, der Radius des Erzeugungskreises, bei dem grösseren kleiner, bei dem kleineren grösser ist als der des zur Achse senkrechten (in der Figur horizontalen) Umfanges, dass also bei einem Stücke des grösseren die zugehörige zweite nur durch eine Ungenauigkeit annehmbare Achse der Oberfläche näher liegt als die streng genommen einzige, bei dem kleineren dagegen die letztere.

Walzenförmige Gelenkflächen, die in zwei zu einander senkrechten Richtungen wie drehrund gebogen erscheinen und zwar so, dass die Convexität beider Krümmungen nach derselben Seite sieht, die eine aber flacher, die andere stärker gebogen, dass also ihre Achsen beide auf der anderen Seite liegen, aber die eine näher, die andere ferner, können nach dem soeben Auseinandergesetzten als Stücke des einen oder andern von jenen beiden Körpern gelten, je nachdem man die Achse der stärkeren oder der flacheren Krümmung, die der Oberfläche nähere oder fernere als die genau genommen einzige Rotationsachse ansehen muss oder will. In den meisten Fällen wird dies aber ganz gleichgültig sein, da die Ungenauigkeit des Schliessens eines Gelenks mit solchen Berührungsflächen, oder die elastische Veränderlichkeit der Biegung auf die beiden Krümmungsrichtungen vertheilt sein wird, so dass beide jene Rotationsflächen ein gleich annähernd richtiges Schema geben. Zwei Körper, die sich in Flächen dieser Art berühren, können sich also nahezu genau bei Drehung um

beide Achsen auf einander gleitend verschieben ohne Aufhebung ihrer Congruenz.

Denkt man sich aber einen Kreis um eine Achse gedreht, die mit ihm immer in Einer Ebene liegt, aber seine Peripherie gar nicht mehr berührt, so entsteht ein in der Mitte durchbohrter ringförmiger Körper, dessen Achse durch seine Oeffnung hindurchgeht.

Fig. 8.



Er ist offenbar, wie jene beiden, genau genommen nur drehrund mit Beziehung auf diese seine einzige wahre Achse; alle Durchschnitte senkrecht zu ihr geben Kreise, deren Mittelpunkte in ihr liegen. Ein zweites System von kreisförmigen Durchschnitten sind auch hier die verschiedenen nach einander folgenden Lagen des Erzeugungskreises, deren Ebenen nicht parallel sind, sondern sich alle in der Achse schneiden. Sieht man aber davon ab und betrachtet sie für ein kleines Stück des Umfanges als parallel und den Kreis, in dem die Mittelpunkte aller jener Kreise liegen, weil sich in ihm der des Erzeugungskreises um die Achse gedreht hat, als gerade Linie, so ist ein solches Stück ein Stück eines Cylinders, wie man sich ja gleichsam den ganzen Körper als einen aus weicher Masse gebildeten Cylinder denken kann, der durch Herumwickeln um einen andern erst zum Ringe gebogen ist. Wenn man also für ein kleines Stück die Achse des Cylinders auch noch als gerade ansieht, so hat man damit die zweite drehrunde Krümmung, deren Achse, wie bei jenen Körpern, für jedes Stück auf dessen kreisförmigem Durchschnitte senkrecht steht, und also die genau genommen einzige senkrecht überkreuzt. Stücke vom äusseren grössten Umfange eines solchen Körpers unterscheiden sich nicht wesentlich von den schon soeben besprochenen Walzen, verhalten sich ganz wie Stücke des pomeranzenförmigen Körpers, nur dass

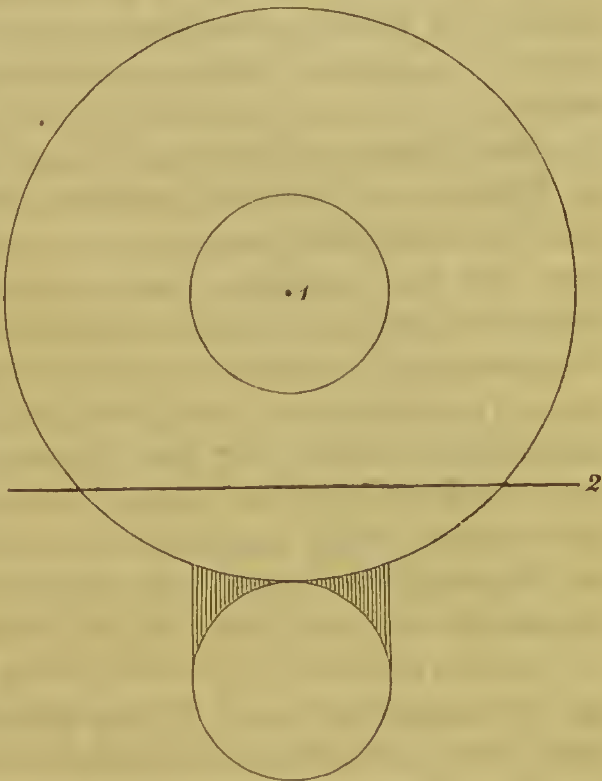
die Entfernung, in welcher sich die Achsen ihrer beiden Krümmungen überkreuzen, hier grösser, dort kleiner ist als der Abstand der in den Mittelpunkten mehrerer Lagen des Erzeugungskreises annähernd richtig angenommenen von der Oberfläche. Stücke vom inneren Umfange des Ringes aber sehen ganz anders aus. Sie liegen zwischen ihren beiden Krümmungsachsen, sind also von derselben Seite angesehen in der einen Richtung convex in der andern concav gekrümmt.

Sattelförmige Gelenkflächen, die in zwei zu einander senkrechten Richtungen wie drehrund gebogen erscheinen und zwar so, dass die Convexität beider Krümmungen nach entgegengesetzten Seiten hinsicht, die Achsen beider zu beiden Seiten der Fläche liegen, können nach dem soeben Auseinandergesetzten als Stücke aus dem inneren Umfange von zwei verschiedenen solchen durch Rotation eines Kreises um eine ihn nicht berührende, aber mit ihm in Einer Ebene liegende Achse entstandenen ringförmigen Körpers betrachtet werden, je nachdem man die eine oder die andere Krümmung als die genau genommen allein drehrunde und demnach ihre Achse als die durch den Ring gehende, die andere als nur annähernd genau und ihre Achse als ein für gerade angenommenes Stück der eigentlich gebogenen Verbindungslinie der Mittelpunkte aller Lagen des Erzeugungskreises ansehen muss oder will. Auch dies wird meist gleichgültig sein. Körper, die sich in solchen Flächen berühren, können sich eben in zwei Richtungen durch Drehung um zwei sich senkrecht überkreuzende Achsen, von denen die eine im einen, die andere im anderen liegt, gleitend auf einander verschieben.

Die Sattelgelenke geben bereits ein Beispiel, wie sich für diese nur mit annähernder Genauigkeit auf das allgemein angenommene Princip des congruenten Schleifens zurückführbaren Gelenke mehrere Schemata gleich gut zur Erklärung brauchen lassen. Denn A. Fick hat sie in seiner ersten näheren Erörterung ihres Mechanismus (Zeitschrift f. rationelle Med. Bd. IV. S. 314) auf ein Rotationshyperboloid zurückgeführt, später (medicinische Physik S. 55) ähnlich, wie hier geschehen ist, gemeinsam mit den walzenförmigen auf Rotationskörper, deren Erzeugungslinien Stücke von Kreisbogen sind; und eins geht so gut als das andere. Beides setzt, wenn Beweglichkeit statt finden soll, eine gewisse Veränderlichkeit der Form voraus, welche die auf einander schliessenden Gelenkflächen darstellen. Es wird also von der einen Forderung des Grundprincips, dass die Knochen mit ihrem dünnen glatten Knorpelüberzug als vollkommen starr betrachtet werden sollen, etwas abgesehen, wie das ja auch in Folge ihrer Elasticität ganz zulässig ist Man könnte auch statt dessen von der zweiten Forderung des Grundprincips absehen, wonach die Gelenkflächen sich ohne allen Abstand berühren sollen, was ja auch zulässig ist, da die Gelenkflüssigkeit kleine Spalten

zwischen ihnen erfüllen kann und namentlich die hieher gehörigen Gelenke in der That nicht sehr genau schliessen. So liesse sich ein zweites Schema erhalten das ein reines Bild der Bewegung gäbe, ohne dass die Form der Gelenkflächen als sich verändernd erschiene. Der eine Knochen dürfte danach nicht als reiner Abdruck des anderen gelten, beide sich nicht flächenhaft genau berühren. Denkt man sich zwei solche ringförmige Körper, wie sie eben als Schema für die Walzen- und Sattelgelenke gedient haben, entstanden durch Drehung um eine Achse, deren Entfernung vom Mittelpunkte des Erzeugungskreises dem Durchmesser desselben gleich kommt, deren Oeffnung also dem Erzeugungskreise congruent ist, so passt der eine durch die Oeffnung des anderen und sie berühren sich dann genau genommen nur mit den beiden sich senkrecht durchkreuzenden Kreisen der engsten Oeffnung, mit der jeder den anderen umfasst, aber nahe um den Kreuzungspunkt herum doch sehr nahezu flächenhaft, da hier die neben dem linearen Contacte sich öffnenden Spalten doch sehr enge sind. (Die Figur zeigt sie in dieser Lage beide durch einen Schnitt halbirt, den einen nach der Fläche seiner Oeffnung, also senkrecht zu seiner Achse 1, die in dem anderen steckt, den anderen durch seine Achse 2. Zwischen beiden in der Mitte kreuzen sich die beiden Berührungskreise, von denen der eine mit dem Centrum 1 in der Ebene der Figur liegt.) Offenbar sind beide dadurch vollkommen fest verbunden und nur um ihre beiden Achsen gegen einander drehbar. Ein Stück ihres Contactes in der Gegend zwischen beiden Achsen ist ein Sattelgelenk.

Fig. 9.



II. Rotationsflächen mit verschieden gekrümmten Abschnitten sind genau genommen durchaus keiner Verschiebung fähig, wobei sie in ihrer ganzen Ausdehnung nichts als ihre eigene Fortsetzung beschreiben, sondern, wenn sie so bewegt werden, dass ein Theil mit sich congruent bleiben kann, wird nothwendig ein anderer einen räumlich ausgedehnten Weg durchmessen, da es für ihn, wenn er eine andere Biegung hat, eine andere Bewegung wäre, bei der er allein sich selbst nur fortsetzen würde. Auf kleine Strecken können aber solche Flächen doch als annähernd genau congruente Berührungsflächen von Gelenken vor-

kommen. Die Bewegung derselben wird dann auch eine etwas verschiedene, je nachdem die verschieden gekrümmten Stücke der Flächen nach einander für dieselbe bestimmend werden. Dabei müssen entweder andere ein wenig klaffen, oder es muss die Elasticität der die Oberfläche bildenden Theile eine kleine Veränderung der Form zulassen. Darum kommen auch solche Contactflächen mehr nur da vor, wo durch Betheiligung von nicht knöchernen Theilen an Gelenkverbindungen die Ungenauigkeiten zulässiger werden; ausserdem häufig an pathologisch veränderten Gelenkflächen.

Man könnte zur Definirung solcher nicht gleichmässig gekrümmter Flächen auch andere Entstehungsarten als die durch Rotation einer Erzeugungslinie anwenden. Dieselbe genügt aber auch dazu, wenn wir uns vorstellen, dass, während die Erzeugungslinie um eine Achse sich dreht, letztere zwischen den auf einander folgenden Abschnitten der Drehung ihre Lage ändert, und zwar entweder nur durch Verschiebungen, wobei sie sich parallel bleibt, oder durch Drehungen, wodurch sie ihre Richtung ändert. Im ersten Falle wird die Krümmung nur stärker oder schwächer nach der einen oder anderen Seite hingebogen, im letzteren kommt sie aus den zur ursprünglichen Lage der Achse senkrechten Ebenen heraus. Ebenso die von den Krümmungen bedingte Bewegung.

Bei paralleler Verschiebung der Achse, um welche sich die Erzeugungslinie einer Fläche dreht, bleiben die Bahnen, welche jeder Punkt derselben beschreibt, in denselben Ebenen wie zuvor. Durchschnitte senkrecht zur Achse geben noch immer concentrische Linien, deren einzelne Stücke in den Durchschnittspunkten der jedesmaligen Lage der Achse mit den Durchschnittsebenen, die alle zu ihr senkrecht sind, das Centrum ihrer Krümmung haben. Sie zeigen durch ihre übereinstimmende Abweichung von einfachen Kreisen die Veränderungen der Krümmung. Diese kann eine vierfache sein, so jedoch, dass zwei Arten derselben zusammenkommen können. Wenn nämlich die Erzeugungslinie eine gewisse Drehung um eine feste Achse zurückgelegt hat, kann sich diese, bevor die Drehung fortgesetzt wird, 1) der Lage, in der sich die Erzeugungslinie gerade befindet, nähern. Dann folgt, wenn die Drehung nun fortgesetzt wird, eine verstärkte Krümmung, ein Stück Fläche mit kleinerem Radius; 2) umgekehrt, wenn die Achse sich von der Erzeugungslinie entfernt, folgt ein weniger gekrümmtes Stück; 3) wenn die Achse sich vorwärts verschiebt in der Richtung, in

welcher sich dann auch die Erzeugungslinie fortbewegt, so folgt ein Stück Krümmung, welches von dem vorigen weggeknickt erscheint; 4) umgekehrt, wenn die Achse zurückrückt, ein solches, das gegen das vorige hingeknickt ist, so dass die Knickung vorspringt. Tritt einer von diesen Fällen oder eine Verbindung von zweien derselben so, wie eben angenommen, plötzlich ein, so ergibt sich nur eine einfache Verbindung zweier an einander stossender Gelenkflächen und, wenn sich zwei Körper mit einer so zusammengesetzten Oberfläche berühren, kann dieser Contact nur bei einer bestimmten Stellung beider genau schliessen; bei jeder Abweichung von derselben muss entweder die eine oder die andere Krümmung klaffen. Treten aber solche Krümmungsänderungen allmälig fortschreitend ein, so entstehen ungleichmässig gekrümmte Flächen, deren Durchschnitte nicht combinirte Kreisstücke sondern andere krumme Linien, z. B. Spiralen sind. In solchen Fällen wird genau genommen auf der ganzen Fläche nur bei einer bestimmten Stellung Congruenz stattfinden und bei jeder Veränderung fast vollständig aufgehoben. Bei einigem Eindrücken oder Aufklaffen aber wird gleitende Verschiebung doch noch sehr annähernd bestehen können. Schliesst ein Körper mit der Concavität einer derartigen Krümmung congruent auf einen anderen entsprechend convexen, so wird der Contact an den Rändern der sich deckenden Stücke ihrer Oberflächen gelockert, wenn er auf eine stärker gekrümmte, angepresst wenn er auf eine schwächer gekrümmte Stelle kommt. Geht er auf eine Stelle über, unter welcher die Achse nach der Richtung, nach welcher er vorschreitet, auch vorgeschoben war, so wird seine Drehung angehalten, kommt er auf eine solche, wo sie zurückgetreten war, so wird die Drehung beschleunigt. Im letzten Falle tritt eine Art von Abwickelung ein, indem, wenn der Uebergang etwas plötzlich ist, eine Drehung nöthig ist um von dem Schlusse auf dem einen Theile der Krümmung zu dem auf dem anderen überzugehen.

Langer (Denkschr. der k. Akad. zu Wien. Math. natw. Cl. Bd. XVI.) hat deshalb in der Abwickelung incongruenter Gelenkflächen ein zweites Princip neben der schleifenden Bewegung congruenter zur Erklärung von Gelenkmechanismen aufzustellen für nöthig gehalten und an den Tarsometatarsalgelenken storchartiger Vögel ein Schema als Beispiel dafür entwickelt, wonach Gelenkköpfe im Durchschnitte senkrecht zur Achse oder den verschiedenen einander parallelen Lagen der Achse als Profil statt eines Kreises eine logarithmische Spirale darstellen sollen. Schon zuvor haben die Brüder Weber (Mechanik der Gehwerkzeuge S. 161.) eine ähnliche Bildung als bei der Construction des menschlichen Kniegelenks mitwirkend angenommen und Langer hat sein

Schema auch darauf übertragen. Der Beweis für die Nothwendigkeit gründet sich aber auf spiralähnliche Abweichung von Kreisen an solchen Durchschnitten der Gelenkköpfe, deren Ebenen gar nicht senkrecht zu der, oder den Achsen der Krümmung, oder der auf diesen Flächen hin und her gehenden Umdrehung der aufschliessenden Pfannen geführt waren (s. u. beim Kniegelenk). Nur solche Durchschnitte aber, von denen dies zuvor feststeht, müssen bei drehrunden Gelenkköpfen Kreisbogen als Profile ergeben, bei Schrauben auch sie nicht (s. u. §. 10). Nun findet sich aber ein als Abwickelung zu bezeichnendes Wechseln von Klaffen und Schluss verschiedener Stellen eines Gelenks auch übrigens nur so in sehr kleinen, ungenau gehenden, oder an den Rändern von grösseren Gelenken, dass es nicht nöthig scheint darum noch ein anderes Grundprincip zur Erklärung der Gelenkmechanismen herbei zu ziehen, sondern die Zusammenstellung solcher Fälle mit ähnlichen Ungenauigkeiten des allgemein gültigen vollkommen ausreichen wird.

Bei Richtungsänderung der Achse, um welche sich die Erzeugungslinie einer Fläche dreht, bleiben auch die Ebenen, in denen sich jeder Punkt derselben bewegt, nicht mehr dieselben. Es gibt für sie keine Durchschnitte, deren Ebenen zu den verschiedenen Lagen der Achse senkrecht sind und deren Profil den Weg darstellt, den ein Punkt der Erzeugungslinie gemacht hat. Die Ganglinien, welche dieselben auf solchen Flächen darstellen und welchen also auch die Drehung aufschliessender Körper auf ihnen folgen muss, sind, wenn die Uebergänge plötzlich geschehen, wie oben für die parallele Verschiebung als Schema angenommen wurde, zusammengesetzte Stücke von Kreisen, die in verschiedenen Ebenen liegen, oder aber, wenn die Veränderung allmälig fortschreitend geschieht, krumme Linien die nach allen Dimensionen des Raumes gekrümmt, nicht in Ebenen oder sonst in einfachen Flächen dargestellt werden können. Es gilt für die Bewegung von Körpern, die sich mit congruenten Flächen dieser Art berühren, dasselbe wie für die vorigen. Sie sind nur mit etwas Aufklaffen oder Eindrücken beweglich.

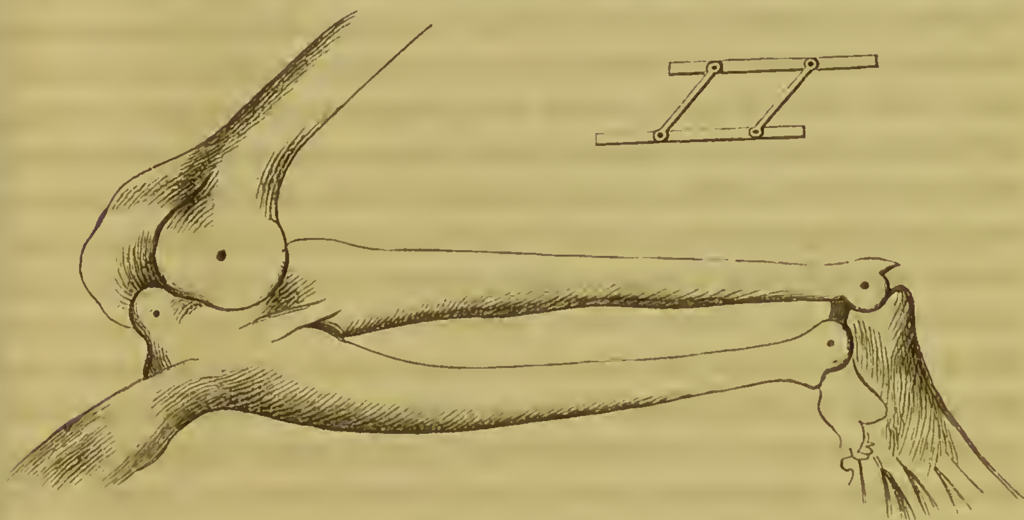
§. 7. Combinationen verschiedener Articulationen.

Durch gegenseitige Verbindung von mehreren festen Körpern durch mehrere Gelenke mit verschiedenen Drehpunkten, Drehungsachsen und Progressionsrichtungen können die mannichfaltigsten zusammengesetzten Mechanismen entstehen, in denen sich alle Einzelbewegungen gegenseitig bedingen. Dies sehen wir täglich an allen zusammengesetzten Maschinen und auch an manchen thierischen Skeletten kommen verwickelte derartige Combinationen vor, z. B. an den Schnäbeln vieler grosser Vögel, wo die Bewegung beider Kiefer aus einander durch ihre Verkettung mit dem

Quadrat- und Flügelgaumenbein zu einem gemeinsamen Mechanismus zusammengefasst ist, an dem sich eine Menge kleiner Gelenke zugleich bewegen.

Da dergleichen am menschlichen Körper nur in kleinen Andeutungen vorkommt, mag hier ein möglichst einfaches Beispiel aus der Technik und der thierischen Anatomie vorweg besprochen werden. Jeder kennt die Einrichtung der kleinen Doppellineale, die vielfach angewandt werden, um in kleinen geometrischen Zeichnungen Parallellinien zu ziehen. Sie sind durch zwei Querstäbe

Fig. 10.



verbunden, die mit jedem ein Charnier bilden, die Achsen der vier Charniere sind einander parallel und die Abstände von je zweien derselben auf beiden Linealen und auf beiden Querstäben gleich. Sie bilden also auf einem senkrechten Durchschnitte immer die Ecken eines Parallelogrammes. Mit diesem sind alle Kanten der Lineale fest verbunden, bleiben sich also immer parallel, wenn sie es einmal sind. Die vier Charniere können sich immer nur gemeinschaftlich, in ganz fester Richtung und um ganz gleiche Winkel drehen. Ganz ähnlich ist beim Krokodil (so wie bei Vögeln u. a. Thieren) die Verbindung des Vorderarmes mit dem Oberarme und der Hand zusammengesetzt. Die beiden Knochen des Vorderarmes bilden am Ellbogen und am Handgelenke mit jedem der anstossenden Knochen Charniere, deren Achsen nicht zusammenfallen und sich also auch bei ihrer gemeinsamen Drehung gegen einander verschieben. Beide Knochen verschieben sich also auch an einander und dies kann nur geschehen, wenn die entsprechenden Bewegungen zugleich im Ellbogen- und Handgelenke ausgeführt

werden. Denkt man sich die ulna fixirt und den Oberarm zur Streckung bewegt, so dreht er sich auch gegen den Radius, zieht ihn aber zugleich auch nach sich und dieser an seinem unteren Ende die Hand über das der ulna herüber, wobei sie sich denn auch gegen ihn drehen muss. Also können Ellbogen und Handgelenk nur gemeinsam gebeugt und gestreckt werden, wie dies bei den einfach stereotypen Schwimm- und Greifbewegungen geschieht. Bei den höheren Thieren und beim Menschen beruht auf dem Wegfallen derartiger Verknüpfungen die grössere Freiheit im mechanischen Gebrauch der einzelnen Gelenkbewegungen.

Ganz analoge Bedingungen ergeben sich für gegenseitige Verbindung von mehr als vier festen Körpern durch Drehgelenke. Zwischen weniger als vieren ist aber etwas ähnliches nicht möglich. Drei feste Körper durch drei Charniere verbunden, würden still stehen, wenn ihre Achsen nicht ganz in Eine zusammenfallen, oder doch durch Einen Punkt gehen. Denn wenn ihre Abstände sich gleich bleiben müssen, bleibt auch ihre gegenseitige Lage dieselbe, da ein Dreieck durch seine Seiten bestimmt ist. Drehungen eines Körpers können, wenn ihnen andere Gelenke folgen sollen, nur durch entsprechende um dieselbe Achse oder um mindestens drei durch Einen Punkt gehende oder um mindestens vier ganz getrennte hergestellt werden. Fortschreitungen nur durch Fortschreitungen in denselben Richtungen oder in drei verschiedenen u. s. w. Auch von diesen Beschränkungen, denen die Combination mehrerer einfacher Mechanismen unterliegt, sind aber kleine Abweichungen durch Elasticität der verbundenen Körper und Ungenauigkeit ihres Aufschliessens, wie für die einfachen Gelenkformen möglich. Kleine Drehungen um etwas verschiedene Achsen oder auch kleine Fortschreitungen und Drehungen können sich annähernd entsprechen.

§. 8. Wirkung von Kräften auf Gelenke.

Die Frage nach der Wirkung einer Kraft auf die Bewegung eines Gelenks gehört nur insoweit hieher, als sich ihre Beantwortung unmittelbar aus dessen Mechanismus und der Richtung, in welcher eine Kraft einen Punkt eines durch denselben beweglichen Körpers zu bewegen strebt, ergibt. Es fragt sich, ob überhaupt und wie günstig dieses Bewegungsbestreben dazu angelegt ist die in dem Gelenke gegebene Bewegungsmöglichkeit wirklich zu machen, ob und ein wie grosser Theil seines Effects die in ihm mögliche Bewegung einzuleiten wirkt. Jeder andere Antheil einer bewegenden

Kraft hat auf die Stellung des Gelenks keinen Einfluss, so lange die Festigkeit desselben den Angriffen widersteht, die es in einer anderen als der bei seinem festen Schliessen zulässigen Art zu bewegen streben. Sie können aber als diesen störend in Betracht kommen. Sie können ausserdem auch als bewegend für andere Gelenke noch wirksam werden.

Für die fortschreitende Bewegung eines Schlittens ist der Theil einer Kraft begünstigend, der in die Richtung der Fortschreitung fällt. Man braucht um diesen zu bestimmen nur eine Ebene durch die Richtung der Kraft und der Fortschreitung zu legen und in dieser das Rechteck der Kräfte zu construiren, durch welches die erstere in eine mit der letzteren zusammenfallende und eine zu ihr senkrechte Componente zerlegt wird. Erstere wirkt auf die in dem Schlitten zulässige Bewegung, letztere würde sie aus ihrer Bahn bringen, wenn der Mechanismus nicht mehr widerstände. Die Zerlegung fällt weg, wenn die ganze Kraft schon der Fortschreitung gleichgerichtet oder zu ihr senkrecht ist. Im ersten Falle begünstigt sie dieselbe mit ihrer ganzen Wirkung, im zweiten gar nicht.

Für die drehende Bewegung eines Charniers ist der Theil einer Kraft begünstigend, der in die Tangente des Kreises, in dem sich der angegriffene Punkt bei der Drehung bewegen kann, fällt. Um diesen auf dem kürzesten Wege zu bestimmen, legt man eine Ebene durch die Richtung der Kraft und die Tangente des Kreises und construirt in ihr das Rechteck der Kräfte, durch welches die erstere in eine mit der letzteren zusammenfallende und eine zu ihr senkrechte Componente zerlegt wird. Erstere wirkt auf die in dem Charniere mögliche Drehung, letztere schneidet die Achse der Drehung, begünstigt dieselbe nicht, würde sie aber aus ihrer Bahn bringen, wenn der Mechanismus nicht mehr widerstehen könnte. Dies könnte sie wieder in zweierlei Art. Denn in einer durch sie und die Achse gelegten Ebene kann sie wieder zerlegt werden in eine der Achse parallele und eine zu ihr senkrechte Componente. Erstere würde die Contactflächen in der Richtung der Achse übereinander hinschieben, letztere sie von einander abheben oder fester auf einander drücken, wenn es die Festigkeit der verbundenen Theile zuliesse. Die letztere Zerlegung fällt oft weg, indem die ganze in Betracht kommende Kraft schon in einer zur Achse senkrechten Ebene liegt. In dieser liegt auch die Tangente der Bahn, welche der angegriffene Punkt bei der Drehung zurücklegen kann.

In ihr wird also auch die erste Zerlegung gemacht und ergibt sogleich ausser der drehenden Componente nur noch eine zu ihr und zur Achse der Drehung senkrechte. Auch diese, die oben voran gestellte Zerlegung fällt weg, wenn die ganze in Betracht kommende Kraft entweder schon in die Tangente der drehenden Bewegung des angegriffenen Punktes fällt, oder schon die Achse schneidet. Im ersten Falle begünstigt sie die Drehung mit ihrer ganzen Wirkung, im zweiten gar nicht.

Bei einem Kugelgelenke, in welchem Drehungen um alle durch den Mittelpunkt gehenden Achsen möglich sind, wird die Zerlegung ebenfalls vereinfacht. Man kann zwar auch hier für jede der um eine solche Achse möglichen Drehungen im besonderen fragen, ob und mit einem wie grossen Theile ihrer Wirkung eine Kraft dieselbe begünstigt. Dieser Antheil fällt aber am grössten aus bei einer bestimmten, die also die Kraft, wenn sie allein einwirkt, hervorbringt, und zwar die, deren Bahn in derselben Ebene mit ihr liegt, oder um eine Achse, die auf der durch sie und den Mittelpunkt gelegten Ebene in diesem senkrecht steht. In dieser ergibt sich dann wieder wie bei der Kraft, welche schon in einer zur Achse des Charniers senkrechten Ebene liegt, aus einer einfachen Zerlegung nur die die Drehung begünstigende und die senkrecht von oder zur Achse hinwirkende Componente.

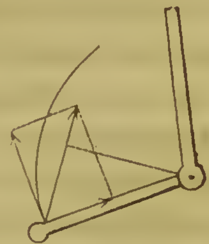
Bei einer Schraube würde der Theil einer Kraft, der in die Tangente der Schraubenlinie fällt, in welcher der angegriffene Punkt bewegt werden kann, die beiden in ihr vereinigten Bewegungen, die in der Richtung der Achse fortschreitende und die um die Achse drehende gleichmässig und damit die ganze Verschiebung am vollständigsten begünstigen. Es kann aber auch eine Einwirkung auf eine von beiden zur Bewegung führen, da die andere damit nothwendig verbunden ist, wenn sie nicht dieser eben so sehr entgegen wirkt. Es genügt daher für alle Fälle beides zu untersuchen, ob sich durch Zerlegung einer Kraft ein der Achse paralleler und ein zur reinen Drehung um sie tangentialer Antheil ermitteln lässt. Dies geschieht wie oben für beide einzeln angegeben ist.

Die bisherige Betrachtung ergibt zunächst nur für den Punkt, an dem die bewegende Kraft angreift, ihre Einwirkung auf dessen Antheil an den fraglichen Bewegungen. Für die progressive begünstigt sie in gleicher Weise die des ganzen Mechanismus, unabhängig von der Lage des angegriffenen Punktes. Bei einer

drehenden Bewegung aber wirkt sie auf die gesammte um so stärker, je weiter der Punkt, den sie angreift, von der Achse entfernt ist, oder, wie man dies gewöhnlich bezeichnet, je länger der Hebelarm ist, an dem sie wirkt; denn dieser ist jene Entfernung. Wenn eine Kraft einen weiter von der Achse entfernten Punkt um ein gewisses Stück in der Bahn des Kreises, den er bei der Drehung beschreibt, fortbewegt, so erfolgt damit nur ein kleinerer Ausschlag der ganzen Drehung, als wenn ein der Achse näher liegender, der sich in einem kleineren Kreise um dieselbe dreht, so weit fortbewegt wäre. Auf diesen kleineren Ausschlag wirkt dann aber die Kraft um so stärker und kann also einer verhältnissmässig grösseren, die einen der Achse näheren Punkt angreift, an einem kürzeren Hebelarm wirkt, Gleichgewicht halten. Dies ist das Grundgesetz des Hebels, gewöhnlich so ausgedrückt, dass der begünstigende Einfluss einer Kraft auf die drehende Bewegung eines Körpers um eine Achse, ihr Drehungsmoment, abhängt von der Grösse des Antheils, mit dem sie ihren Angriffspunkt in der Tangente seiner bei der Drehung zurück zu legenden Kreisbogenbahn zu bewegen strebt, und von der des Abstandes dieses Punktes von der Achse.

Für die Ableitung des Drehungsmomentes aus diesen beiden Factoren kann man häufig eine sehr vereinfachte anwenden, die dasselbe Resultat gibt. Wenn nur die bewegende Kraft in der Ebene des Kreises liegt, in dem sich ihr Angriffspunkt bewegen kann, also in einer zur Achse senkrechten (wie das bei der Anwendung auf die Muskeln meist als nahezu von vorn herein gegeben gelten kann), oder wenn man diese Bedingung dadurch herstellt, dass man durch eine erste Zerlegung in einer zur Achse parallelen Ebene nur die dieser parallele Componente ihrer Wirkung eliminirt, so wäre sie nun weiter zu zerlegen in eine die Achse schneidende, deren Richtung mit der Lage des Hebelarmes zusammenfällt, und die allein drehende, welche zu ihm senkrecht angreift. Die letztere ist um so kleiner je schiefer der Winkel ist, in dem die Kraft und der Hebelarm liegen, und um so kleiner ist also auch das Drehungsmoment, das die Wirkung der Kraft an ihrem Hebelarm gibt. Dasselbe kann man aber auch erhalten, wenn man sich die ganze Kraft nicht an dem ganzen sondern an einem entsprechend kleineren

Fig. 11.



Hebelarme denkt, der gefunden wird, wenn man von der Achse aus ein Perpendikel zur verlängerten Richtung der Kraft zieht, und der ideale Hebelarm genannt wird. Denkt man sich den Fusspunkt dieses Perpendikels als Angriffspunkt der Kraft, so ist sie hier ganz drehend wirksam, da sie diesen Punkt in der Tangente des Kreises, auf dem er sich bewegen kann, bewegt. Er ist aber ein der Achse näherer als der wirkliche Angriffspunkt, seine Bewegung wirkt weniger auf die des ganzen Mechanismus, und diese Wirkung der ganzen Kraft an dem kleineren, dem idealen Hebelarme kommt der der zur Bewegungsbahn des wirklichen Angriffspunktes tangentialen Componente der Kraft an dem ganzen, dem realen Hebelarme gleich, da die Grösse des idealen Hebelarmes ganz ebenso, wie die der wirklich drehenden Componente der Kraft, mit zunehmender Schiefheit des Winkel, den die ganze Kraft mit dem realen einschliesst abnimmt, während die letzteren beiden sich gleich bleiben. Es drückt also, wie sich aus einer sehr einfachen Construction leicht beweisen lässt, diese Abkürzung das Drehungsmoment richtig aus. Sie genügt nur dann nicht, wenn auch die nicht zur Drehung wirksame Componente in Betracht kommt. Denn diese ist dabei ignorirt.

Zweites Kapitel.

Anatomie der Gelenke.

§. 9. Construction der Diarthrosen.

Beweglich gegliederte Skeletbildungen, die dem ganzen Organismus zur festen Stütze und Grundlage dienen, kommen bekanntlich in zwei Hauptformen im Thierreiche vor. Das Chitinskelet der Gliederthiere, histologisch den Oberhautanhängen der höheren Thiere vergleichbar, besteht aus schienenartigen Röhren, Ringen und Schildern, welche die Weichtheile in ihrem Innern bergen. Ihre beweglichen Verbindungen sind nur durch Zusammenfügung kleiner Stellen an den freien Rändern, welche sie sich einander zukehren, vermittelt. In der Regel liegen zwei derselben einander gegenüber und durch sie geht die einfache Achse, um welche sich

ein Stück am andern drehen kann. Diese Construction nähert sich dem im Eingange zum ersten Kapitel erwähnten Princip der Articulation durch Spitzen oder Schneiden.

Bei genauerer Untersuchung findet sich freilich auch an diesen kleinen Contactstellen noch minder deutlich ausgebildete Berührung von Schleifungsflächen. Langer hat dieselben einer genaueren Betrachtung unterworfen (Denkschriften der k. Akad. zu Wien. Math. natw. Cl. Bd. XVIII. S. 99), und hier wie bei den Wirbelthiergelenken Rotations- und Schraubenflächen, in denen sich an einander stossende Stücke congruent berühren, als regelmässige Beweglichkeiten bedingend gefunden. Für eine ungefähre Betrachtung aber ist bei der Kleinheit der Gelenke im Einzelnen, die nahezu für Punkte genommen werden können, die Achse der möglichen Bewegung schon durch die gegenseitige Lage von zweien derselben, auf demselben Rande von zwei sich berührenden Stücken gegeben. Eine Annäherung an diese Ersetzung grosser einfacher Gelenke durch mehrere zusammengehörige kleine aber von einander entfernte zeigen bei höheren Thieren die im vorigen Kapitel erwähnten zusammengesetzten Mechanismen der Vogelschnäbel u. dgl. Beim Menschen zeigt etwas ähnliches nur die Gelenkverbindung des Schildknorpels mit dem Ringknorpel.

Das Knochenskelet der Wirbelthiere, nach dessen Typus auch das des Menschen gebildet ist, besteht aus geschlossenen Stücken fester Substanz, die als Kern in der umhüllenden Masse der Weichtheile stecken. So liegen auch die Verbindungen der einzelnen Knochen von den umhüllenden Weichtheilen eingeschlossen und die Berührung der Oberflächen ist mehr oder weniger über die ganze Breite der einander zugekehrten Enden der Knochen, an denen sie häufig sogar noch verdickt erscheinen, ausgedehnt. Die einander berührenden Knochenenden hängen entweder durch eine Schicht weicher Masse, welche in ihrer ganzen Ausdehnung mit ihnen verwachsen ist, zusammen, oder berühren sich ohne verwachsen zu sein mit auf einander passenden glatt überknorpelten Flächen, die sich auf einander gleitend verschieben können. Danach unterscheidet man Synathrosen und Diarthrosen, zwischen denen es aber verschiedene Uebergänge gibt, sofern die zwischen zwei Knochen liegenden Schichten von Weichtheilen sich zum Theil auch abglätten.

Die reinen Diarthrosen oder Gelenke im engeren Sinne sind es allein, auf welche das im ersten Kapitel entwickelte Princip der gleitenden Verschiebung congruenter Berührungsflächen erklärende Anwendung findet. Es gehören aber auch dazu alle grösseren und bedeutend beweglichen Verbindungen von Stücken des menschlichen Skelets. Die glatt überknorpelten Oberflächenstücke, mit denen dieselben sich genau auf einander passen, entsprechen so rein, wie nur irgend sonst an organischen Körpern eine mathe-

matisch bestimmte Form erkennbar ist, Stücken der oben aufgezählten Arten von Flächen, welche bewegt gedacht werden können ohne sich mit Durchmessung eines Raumstückes aus ihrer eigenen idealen Fortsetzung zu entfernen. Die Diathrosen haben bei vollkommenem Schliessen ihrer so geformten Berührungsflächen die dadurch fest bestimmten Bewegungsmöglichkeiten.

Auch die Gelenkflächen entsprechen freilich nie ganz mathematisch, genau den theoretisch bestimmbaren Formen, die man zur schematischen Beschreibung und Erklärung des Mechanismus anwendet, und an grösseren Gelenken sind kleine Abweichungen davon deutlich nachweisbar. Diese dürfen aber unbedenklich vernachlässigt werden, so lange die Elasticität des Knorpels und kleine Ungenauigkeiten des Schliessens ausreichen um sie für das Zustandekommen der nach dem Schema möglichen Bewegung nicht hinderlich sein zu lassen. So hat neulich Aeby (Zeitschrift für rationelle Med. III. Reihe Bd. XVII.) durch genaue Messungen nachgewiesen, dass die Krümmung der Gelenkköpfe der Schulter und Hüfte, die man allgemein als Kugelabschnitte beschreibt, in mehreren Richtungen nicht ganz gleich starke Krümmung zeigen. Die Abweichungen von der reinen Kugelform erscheinen nach den Zahlen, die er angibt, nicht ganz unbedeutend. Dennoch geht Aeby zu weit, wenn er die beiden grossen Arthrodieen deshalb auf ein anderes Schema bringen zu müssen glaubt, das er unter dem Namen Sphäroidgelenke eben so definirt, wie das von mir oben unter der Bezeichnung der Walzengelenke ausgeführte (s. o. §. 6.) mit Berührungsflächen, die durch Rotation eines Kreises um eine nicht durch seinen Mittelpunkt gehende Achse entstanden zu denken sind. Es müsste denn sein, dass er auch eine Ausschliessung oder wenigstens Beschränkung der Drehung in der einen oder anderen Richtung nachwiese. Denn so lange sich der Kopf in der Pfanne anschliessend wie eine reine Kugel um alle mitten durch ihn hindurchgehenden Achsen drehen kann, ist er auch von der Form derselben nicht mehr verschieden als jeder Gelenkkopf von der schematischen sein darf, durch deren Annahme der von ihm getragene Mechanismus erklärt werden kann, und es ist vor der Hand nicht abzusehen, auch wenn noch die „Einrichtung des Bandapparates“ mit der aufgefundenen Abweichung jener Gelenkköpfe von der Kugelform „im Allgemeinen in Einklang stehen möchte“, worin die „physiologische Verwerthung“ derselben gefunden werden soll. Die Beobachtungen an sich sind aber dankenswerth, wenn sie nicht etwa, was aus der vorläufigen Mittheilung nicht hervorgeht, an trockenen Knochen gemacht sind. In diesem Falle hätten sie natürlich bei der ungleichen Dicke des Knorpelüberzuges gar keinen Werth.

Von den drei Grundformen congruenter Gelenke, Schlitten, Charniere und Schrauben kommt die erste an den Gelenken des menschlichen Körpers nicht vor, die beiden andern dagegen bilden die grosse Mehrzahl derselben. Die Verschiedenheit, die zwischen ihnen besteht, kommt dabei in den meisten Fällen wenig in Betracht. Denn das Wesentliche für die Bewegung der Knochen ist das beiden gemeinsame Gesetz der ausschliesslichen Drehung um Eine feste Achse. Die gleichzeitige Verschiebung in der Richtung der Achse, die bei den Schrauben als unterscheidend

hinzukommt, tritt daneben sehr zurück, weil in den meisten Fällen die Steigung keine sehr grosse ist und sich nicht durch wiederholte Umdrehungen in demselben Sinne summiren kann, da die Bewegung bei allen Gelenken nur in einem Spielraum von weniger als einer ganzen Umdrehung hin und her geht. Bei manchen Gelenken ist auch die Abweichung der Drehung aus zu ihrer Achse senkrechten Ebenen variabel und nicht in allen Fällen bemerkbar, so dass man sie ganz vernachlässigen kann. Die Drehungsachse der Bewegung eines solchen Gelenkes, oder Krümmungsachse seiner Contactfläche geht gewöhnlich, ohne diese selbst zu berühren, nur durch den einen der in demselben verbundenen Knochen. Dieser zeigt dann die Krümmung der Berührungsfläche beider, sei sie drehrund oder ein Schraubengang, als convexen die Achse umfassenden Körper, den man Gelenkkopf nennt; diesem entspricht die Gelenkfläche des anderen als concaver Abdruck, die Gelenkpfanne. Die Pfanne ist in der Regel in der Richtung der Bewegung kleiner als der Kopf; ihr Durchschnitt senkrecht zur Achse entspricht einem kleineren Sector der ganzen gekrümmten Fläche. Am deutlichsten sieht man schon deshalb meist die Krümmung an den Rändern des Gelenkkopfes, welche um die Stelle herum gebogen sind, wo die Achse aus demselben heraustritt. Zuweilen geht sie aber auch aus dem einen Knochen in den anderen durch die Gelenkfläche hindurch über, oder diese erstreckt sich wenigstens bis an die Stelle, wo die Achse aus dem einen Knochen hervortritt, wo sie also selbst einen Mittelpunkt ihrer Biegung enthält oder berührt. Hier hat sie dann keinen bogenförmigen Rand mehr, sondern eine kurz abgedrehte Spitze, wie etwa eines Kegels.

Von den drei im Anschlusse an die Grundformen congruent mit sich selbst beweglicher Flächen in §. 5. abgehandelten speciellen Fällen derselben, Ebene, Cylinder und Kugel kommt die erste nur an kleinen aus anderen Gründen nur sehr wenig beweglichen, die man Amphiarthrosen nennt, als Contactfläche vor. Dieselben haben dann eine geringe Verschiebbarkeit in verschiedener Richtung. Cylindermäntel kommen als Gelenkflächen gar nicht vor. Dagegen ist die Berührung von Knochen in einer Kugeloberfläche, die Arthrodie an einigen Stellen sehr ausgebildet. Sie drehen sich gegen einander um alle Achsen, die durch den Mittelpunkt des kugeligen Gelenkkopfes gehen, der in der ihm genau anschliessenden Pfanne steckt.

Zwischen diesen Gelenken mit unendlich viel durch einen Punkt gehenden Drehungsachsen, oder, wie man es auch ausdrücken kann, mit drei zu einander senkrechten, womit die Möglichkeit der Drehung um jede andere gegeben ist, einerseits und denen mit Einer andererseits stehen dann nur noch die mit zwei einander überkreuzenden, die Walzen- und Sattelgelenke, die, wie oben gezeigt, mit geringer Ungenauigkeit congruent schleifend bewegt werden können, wenn, wie dies hier immer der Fall ist, nur kleine Stücke der doppelt gekrümmten Krümmungen als Contactflächen zur Anwendung kommen. Die Walzen erscheinen wie alle andern drehrunden Contactflächen als in jedem Durchmesser convexe Gelenkköpfe, welche die beiden Achsen einschliessen, an einem der so verbundenen Knochen, während der andere mit einer concaven Pfanne darauf passt. Bei den Sattelgelenken besteht dieser Gegensatz nicht, da ihre beiden Achsen zu beiden Seiten des Gelenkes liegen, also der eine Knochen auf dem Durchschnitte senkrecht zur einen, der andere auf dem zur anderen convex ist.

So weit nun die glatt überknorpelten Oberflächenstücke der in den Diarthrosen verbundenen Knochen nach solchen, congruente Verschiebung zulassenden Formen gebildet sind, schliessen sie einander unverwachsen, aber ohne Abstand an, wie Blätter eines zugeschlagenen Buches. Die Flüssigkeit, welche sie stets schlüpfrig erhält, die Synovia, erfüllt an ihrer Grenze normaler Weise keinen messbar ausgedehnten Raum. Wenn sie sich aber abnorm vermehrt, oder wenn die Spalte dem Eintritte der Luft geöffnet wird, so heben sich die sie begrenzenden Contactflächen ohne Zerreissung eines Bindemittels von einander. In der Umgebung ihrer Ränder, mehr oder weniger nahe denselben, hängen die Weichtheile, welche an die ganze übrige Oberfläche der Knochen angewachsen sind, zusammen und schliessen die Spalte rings her. Meist sind es mehr oder weniger feste von der Knochenhaut beiderseits ausgehende Faserzüge oder Bänder. Ihre der Spalte selbst zugekehrte Oberfläche, die innere Synovialhaut, ist wie die Knorpelflächen glatt und feucht und schmiegt sich ebenso genau mit ihren Duplicaturen an einander an und zwischen die Ränder der Gelenkflächen, wo eine kleine Lücke sich zwischen ihnen findet, ein, wie diese selbst es unter sich thun, wo sie congruent schliessen. Die geschlossenen Spalten zwischen den überknorpelten Knochenflächen der Diarthrosen und den sie umschliessenden Bandschläuchen oder Gelenkkapseln gehören also zu den sogenannten serösen Höhlen,

welche genau genommen keine Höhlen oder Hohlräume sind, sondern nur flächenhaft ausgedehnte Berührungsstellen von glatten durch eine seröse Tränkung feuchten Oberflächen innerer Organe, die nicht continuirlich mit einander verwachsen sind, sich also über einander verschieben können und ohne Zerreissung von einander abheben lassen, wenn krankhafte Ergüsse zwischen sie erfolgen, oder Luft in die irgendwoher geöffnete Spalte eintreten kann, dann also zu wirklichen Höhlen werden. Sie communiciren niemals direct oder indirect mit der äusseren Oberfläche des Körpers.

Die serösen Spalten der Gelenkhöhlen erstrecken sich von den Contactstellen der congruent schliessenden Knochenflächen aus zuweilen eine Strecke an die sie tragenden Knochenenden hin, oder es hängen auch die von mehreren Contactstellen verschiedener benachbarter Knochen unter sich zusammen. Da diese Erstreckung der Synovialhöhlen für die Fortpflanzung von Entzündung auf den sie umschliessenden Flächen sehr wichtig ist, so fasst man gewöhnlich in der Beschreibung alle in Eine Höhle sich öffnende Spalten zwischen Knochen als Ein Gelenk zusammen. Man kann diese Gelenkeinheit als die synoviale bezeichnen. Bei einer auf die Erklärung des Mechanismus der Gelenke gerichteten Betrachtung derselben ist diese Zusammengehörigkeit gleichgültig. Für sie ist die natürliche Einheit, welche mit jener nicht immer zusammenfällt, der Contact von je zwei Knochen, der als einfache Articulation zu betrachten ist, mögen die glatten Oberflächenstücke, die denselben bilden, unter sich und mit anderen zusammenhängen, oder nicht. Mehrere solche mechanisch einfache Gelenke oder Articulationen sind ausserdem weiter zuweilen zu einem nur gemeinsam beweglichen Mechanismus verbunden, der als ein zusammengesetztes Gelenk bezeichnet werden kann.

§. 10. **Untersuchung des Mechanismus.**

Da der Mechanismus eines Gelenks, die Art, wie es sich bewegen kann, ohne aus dem congruenten Schlusse seiner Contactflächen zu kommen, von der Form der letzteren in der Art abhängt, dass Achsen und Mittelpunkte ihrer Krümmung auch die der auf ihnen möglichen Drehungen sind, so kann ebensowohl auf diese von jener als umgekehrt geschlossen, es kann aus der beobachteten Form der Gelenkflächen der Mechanismus des Gelenks geschlossen, oder die Bewegung direct beobachtet und nach dieser die gesetzmässige Krümmung der Gelenkflächen abgeleitet werden. Das

erstere ist leicht ausführbar, wenn die Gelenkfläche einen grossen Theil der ganzen Krümmung zeigt, welcher sie angehört. Wenn dies nicht der Fall ist, kann die beobachtete Bewegung leichter auf das Gesetz ihrer Gestaltung führen. Also beide Wege zu der Construction des Mechanismus unterstützen und ergänzen sich. Sie könnten beiderseits mit feinen Hülfsmitteln sehr exact durchgeführt werden. Bei der Einfachheit der Mechanismen und der in Folge elastischer Schwankung immer nur annähernden Genauigkeit der Bestimmung, welche erreicht werden kann, sind aber einige sehr einfache Beobachtungsmethoden vollkommen ausreichend.

Es kommt hauptsächlich darauf an in dem gewöhnlichsten Falle der Drehbarkeit eines Gelenks um Eine Achse, diese ihrer Richtung und Lage nach zu bestimmen. In vielen Fällen ist dieselbe einfach aus dem Anblicke des Gelenkkopfes ersichtlich, wenn derselbe deutlich drehrund ist, zumal wenn stark geknickte Furchen oder Leisten in der Richtung der Krümmung um ihn herum laufen. Man braucht dann, um die Lage der Achse anschaulich zu machen, nur nach der Richtung der Krümmung Durchschnitte durch den Gelenkkopf zu machen. Dieselben müssen, wenn sie genau senkrecht zur Achse liegen, die Oberfläche in einem Kreise treffen, in dessen Mittelpunkte dann die Achse auf ihnen senkrecht steht. Er stellt den Weg dar, den ein Punkt der Pfanne auf dem Gelenkkopfe bei der Drehung um die Achse macht, oder eine Ganglinie des Gelenks. Mit ihm liegen alle gleichen, sowie die Wege, welche alle Punkte des einen Knochens machen können, wenn der andere still steht, in parallelen Ebenen, ihre Mittelpunkte in der Achse.

Nicht so einfach ist die directe Anschauung zu controlliren, wenn die Biegung des Gelenkkopfes nicht rein drehrund sondern ein Schraubengang ist. Denn es ist nicht möglich, durch eine für die Biegung desselben bezeichnende Ganglinie einen Durchschnitt zu legen, weil eine Schraubenlinie nicht in einer Ebene liegt. Bei beträchtlicher Steigung erkennt man schon an der Unmöglichkeit durch eine deutlich vorspringende Leiste ihrer Krümmung eine Ebene oder einen Durchschnitt zu legen, die Abweichung ihres Ganges von reiner Drehung. Kann man den Durchschnitt noch ausführen, so ist die Fläche nahezu rein drehrund, die Steigung der Schraube sehr gering. Genauer kann die Form der Schraubengänge nur direct anschaulich gemacht werden, wenn man die vorhandenen Stücke der Fläche durch Verbindung mit Abgüssen derselben zu ganzen Umdrehungen ergänzt, die dann die Steigung

vollkommen darstellen. Leichter kommt man aber in solchen Fällen mit Benutzung der Bewegung zum Ziele.

Ganz analog wie den senkrecht zur Achse geführten Durchschnitt des Gelenkkopfes kann man bei einfacher Drehung irgend einen der weit grösseren Kreise benutzen, den ein vom Gelenk entfernter Punkt des einen Knochens zurücklegt, wenn der andere fixirt ist. Auch er ist eine das Gesetz der Drehung vollkommen bezeichnende Ganglinie. In seinem Mittelpunkte steht die Achse auf der Ebene, in welcher er liegt, senkrecht. Auch dies Verfahren wird aber weniger einfach anwendbar, wenn man es mit einer Schraube zu thun haben kann.

Die einfachste Bestimmung der Achse einer Drehung, gleichviel ob sie mit fortschreitender Bewegung in einer Schraube verbunden ist oder rein in zur Achse senkrechten Ebenen erfolgt, erhält man, zwar nicht sehr elegant, aber meist vollkommen ausreichend durch unmittelbare Darstellung derselben auf dem Wege des Probirens. Man sucht an der Oberfläche des Knochens, der den Gelenkkopf trägt, der also ein Stück der Achse einschliesst, eine Stelle auf, die still steht, wenn man ihn bewegt, während der andere fixirt ist. Um diese drehen sich alle anderen Punkte an ihm, in ihr tritt die Achse aus ihm hervor. Steckt man hier einen geraden Stift ein, so beschreibt sein freies Ende bei der Bewegung, wenn er mit der Achse divergirt, ein Stück eines Bogens (oder einer Schraubenlinie) um die Achse. Bringt man es möglichst in das Centrum desselben, so kann man bald den ganzen Stift so fixiren, dass er Richtung und Lage der Achse hinreichend genau vorstellt. Er ändert dann bei der Bewegung seine Richtung nicht mehr, sondern dreht sich nur um sich selbst und geht ausserdem, wenn das Gelenk eine Schraube ist, etwas in der von ihm bezeichneten Richtung fortschreitend hin und her.

Diesem Verfahren, wobei die Achse der Drehung unmittelbar gefunden wird, ist ein zweites anzuschliessen, wodurch ebenso einfach der Gang der Bewegung sich anschaulich machen lässt. Wenn man einen spitzigen Stift in den einen der in einem Gelenke verbundenen Knochen so einschlägt, dass er ein wenig aus der dem anderen anschliessenden Gelenkfläche hervordringt, so zieht er, wenn die Bewegung ausgeführt wird, auf der des letzteren eine Spurlinie, welche den von einem Punkte bei der Bewegung durchlaufenen Weg bezeichnet, ebenso, aber schärfer, wie die schon oben erwähnten Furchen und Leisten der Gelenkköpfe. Man kann daher

auch, wie durch jene, aber mit mehr Sicherheit durch eine solche Linie bei einem Charnier einen Durchschnitt legen, bei einer Schraube nicht. Dennoch kann man mit diesem Verfahren aus der beobachteten Bewegung einen genaueren Ausgangspunkt für die zuerst besprochenen, welche sich auf Analyse der Form der Gelenkfläche stützen, erhalten. Combinirt man es aber mit dem zuletzt besprochenen, wobei die Achse direct erhalten wird, so gibt es das Mittel um deutlich und leicht zu erkennen, ob die Drehung rein in zur Achse senkrechten Ebenen geschieht, oder eine Schraubenbewegung ist. Denn, wenn man einen Gelenkkopf, in dem ein eingesteckter Stift die Achse darstellt und über den eine Spurlinie gezogen ist, senkrecht gegen erstere ansieht, so ist leicht zu beurtheilen, ob letztere senkrecht über sie hin, dann also, als ein Kreis in einer zu ihr senkrechten Ebene, fortgesetzt gedacht in sich zurückläuft, oder ob sie einen schiefen Winkel mit ihr bildet und also als Schraubenlinie nach einer Seite fortschreitend um sie herum geht. Dies gilt natürlich für das ganze Gelenk.

Die Untersuchung des Mechanismus der Gelenke mit Drehung um mehr als Eine feste Achse hat keine besondern Schwierigkeiten. Die kugeligen Gelenkköpfe sind leicht als solche zu erkennen; zur Bestätigung kann die Vergleichung mehrerer senkrecht zur Oberfläche geführter Durchschnitte dienen, welche congruente Kreise, grösste Kreise der Kugel geben, alle denselben Mittelpunkt, den der ganzen Kugel haben. Dadurch ist sie von den walzenförmigen Gelenkköpfen mit zwei Achsen zu unterscheiden, welche oft annähernd kugelig aussehen. Auch durch ihre Oberfläche lassen sich in zwei Richtungen nahezu kreisförmige Schnitte senkrecht zu ihr legen; aber die einen haben einen grösseren Radius als die anderen. Noch mehr ist die Erkennung der Sattelflächen im Allgemeinen einfach, mit grösserer Genauigkeit aber der ungenauen Congruenz wegen nicht auszuführen.

§. 11. Schluss und Spielraum der Gelenke.

Das genaue Aufschliessen der Contactflächen eines Gelenkes und der Spielraum seiner Bewegung stehen im innigsten Zusammenhange. So lange jenes gesichert ist, ist dieser bestimmt; wird jenes aufgehoben, so kann dieser überschritten werden. Daher ist alles, was die normale Festigkeit des Schliessens der Gelenkspalte erhält, indirect eine Bedingung der festen Begrenzung des Ausschlages der Gelenkbewegung; direct aber hängt sie von anderen Umständen

ab. Namentlich ist die Zusammenheftung der Knochen durch Bänder eine Bedingung des festen Schliessens ihrer Berührung und damit zugleich der Beschränkung ihrer gegenseitigen Beweglichkeit auf die bestimmte bei ihrem genauen Schlusse allein mögliche. Wie weit aber der Ausschlag dieser selbst sein kann, ist in der Regel nicht durch Bänder bestimmt.

Die einfachste Sicherung des beständigen festen Schliessens wäre die auch in der technischen Praxis gewöhnlich angewandte, durch Umfassung des convexen Theiles durch einen ganzen oder doch mehr als halben Umfang des concaven, aus der sein grösster Durchmesser dann nicht heraustreten kann. Diese kommt aber am menschlichen Skelete nicht vor und am thierischen kaum. Als ein einfaches Beispiel mag deshalb hier nur beiläufig das Kiefergelenk vom Dachs angeführt werden, an dem die concave Pfanne des Schädels, in welcher, wie bei allen Raubthieren, der Gelenkkopf des Unterkiefers articulirt, denselben mit ihrem vorderen und hinteren

Fig. 12.



Rande so umfasst, dass er bei vollkommen ausgebildeten Exemplaren nach völliger Maceration nicht herausfällt. Beim Menschen dagegen erreicht kein Durchschnitt einer Gelenkpfanne einen Halbkreis.

Im Allgemeinen wird der Schluss der Gelenke schon durch den Luftdruck erhalten, da, wenn die genaue Berührung zwischen den in der serösen Spalte an einander liegenden glatten Flächen aufgehoben würde, ein leerer Raum entstehen müsste. Dieser darf aber nicht gleich durch andere Theile ausgefüllt werden können, wenn der Luftdruck dem Aufklaffen entgegenwirken soll. Es

müssen deshalb die den Rändern der Spalte zwischen den Contactflächen der Knochenenden anliegenden verschiebbaren Weichtheile am Einschlüpfen in dieselbe verhindert sein, sobald die Möglichkeit einer Oeffnung derselben eintritt. Dies geschieht durch die Spannung der vom Periost der verbundenen Knochen um die Contactflächen herumgehenden Bänder oder auch durch Muskeln.

Die Bandfasern des die Ränder der Gelenkenden verbindenden Synovialschlauches sind zwar nicht immer in Spannung, sondern nur, wenn sich die Stellen beider Knochen, an welchen sie festsitzen, von einander entfernen. In diesem Falle wäre aber auch immer am leichtesten die Möglichkeit zum Klaffen der Spalte an der Stelle gegeben, über welche sie hingespannt sind. Wo sich dagegen die Ränder der Gelenkflächen nähern, werden die Bänder zwar in schlaffe Falten geschlagen; eben hier werden dann aber auch die Knochen durch die Kraft, welche sie hier übereinanderschiebt, insbesondere die Muskeln, schon von selbst auch fester an einander gedrückt. Ausserdem werden aber auch oft durch Muskelinsertionen an der Kapsel die Falten derselben vom Rande der Spalte zwischen den Contactflächen mit weggezogen.

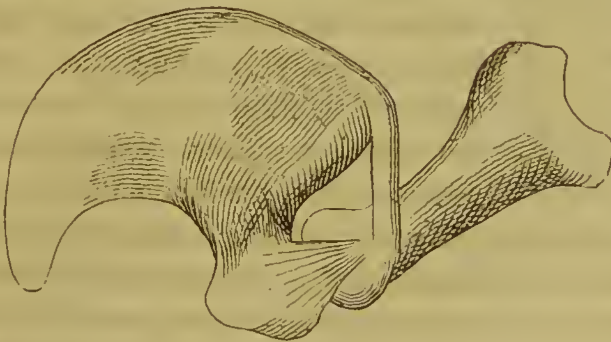
Zu diesen meist nicht sehr starken Bandparthien der Kapsel, welche je nach der Stellung des Gelenks abwechselnd ausgespannte und in Falten gelegte Membranen bilden, weil sie an Stellen beider Knochen angeheftet sind, die sich abwechselnd einander nähern oder entfernen können, kommen die stärkeren dicht zusammengedrängten Anhäufungen derselben in und an der Kapsel, die im engern Sinne sogenannten Bänder, welche in der Regel so befestigt sind, dass ihre Enden wenig oder gar nicht in mehr oder weniger Abstand von einander kommen können. Namentlich sind sie bei Gelenken mit Drehbarkeit um Eine feste Achse an dem Knochen der den Gelenkkopf trägt, seitwärts von den Rändern desselben an der Stelle befestigt, wo die Achse austritt, also an einem Punkte, um den sich der andere Knochen dreht, von dem alle ihre an diesem befestigten Enden bei der Bewegung gleich weit entfernt bleiben. Solche Bänder nennt man Seitenbänder oder allgemeiner von ihrer Wirkung Haftbänder. Sie verstärken die Festigkeit des Gelenks, indem sie nicht nur auch von der Seite der Spalte, welche sie decken, her jede den Raum derselben bei etwaniger Oeffnung erfüllende Einstülpung vollkommen ausschliessen, sondern auch durch ihre eigene Festigkeit direct jeder weiteren Entfernung der Knochen von einander einen bedeutenden Widerstand leisten. Bei anhal-

tendem Voneinanderziehen ihrer Enden würden sie zwar nicht dauernd gegenhalten, da man sieht, dass bei Contracturen endlich die mächtigste Bandmasse sich verdünnt und verlängert; aber ein plötzlicher Angriff, der die Knochen von einander entfernen würde, und die Wirkung des Luftdruckes überwinden könnte, müsste auch sie erst noch sehr gewaltsam sprengen, ehe es zur Oeffnung des Contactes käme. Sie lassen nur sehr wenig Dehnung zu.

Wenn auch zwischen gegen einander mehr verschiebbaren Knochenpunkten stärkere Bandstreifen ausgespannt sind, so können dieselben auch auf den Spielraum der Bewegung bestimmend einwirken, indem ihre Spannung, wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat, der Bewegung, durch welche ihre Enden noch weiter von einander entfernt würden, einen Widerstand entgegensetzt. Diese Hemmung der Bewegung eines Gelenkes nach der einen oder anderen Seite ist nie eine ganz plötzliche, da die Spannung der Bänder nicht auf einmal so entschieden einsetzt, dass die Bewegung gleich zum vollkommenen Stillstand gebracht wird, zumal wenn die betreffenden Bänder mehr elastische Fasern enthalten. Die Begrenzung des Spielraums einer Bewegung durch Hemmungsbänder ist immer eine mehr oder weniger federnde.

Ein sehr einfach anschauliches Beispiel von federnder Hemmung durch Bänder sind die Krallen der katzenartigen Thiere, die, wie bekannt beständig beim Gehen vom Boden ab zurückgehalten sind. Dies geschieht durch beständige Ueberstreckung (Dorsalflexion) des die Kralle tragenden Endgliedes, das mit seinem Rücken

Fig. 13.



dem des mittleren anliegt. Das Gelenk zwischen beiden ist ein reines Drehgelenk mit querer Achse wie bei anderen Thieren und beim Menschen und seine Kapsel ist dem entsprechend durch ein Seitenband verstärkt, das an der Seite des Gelenkkopfes am Mittel-

gliede an der Stelle entspringt, wo die Aehse heraustritt. Daneben aber entspringt etwas rückwärts davon entfernt ein zweites Band, das am Rüeken des Endgliedes in der Nähe des Basalrandes der Kralle ansitzt und bei den grösseren Thieren der Art, z. B. bei Löwen, sehr leieht als ein deutlieh isolirter Strang zu präpariren ist und sieh dureh grosse Elastieität auszeiehnet. Dies hemmt also durch seinen Widerstand die Beugung (Plantarflexion) des Gelenks, dureh welche es gespannt wird. Dieselbe kann dureh die sehr starken auf sie wirkenden Muskeln trotzdem mit grosser Kraft und Sehnelligkeit ausgeführt werden. Sobald aber der Zug, der sie erzwingt, wieder naehlässt, genügt der des gespannten Bandes das Endglied in die entgegengesetzte Stellung zurückfedern und hier ruhend bleiben zu lassen.

Plötzlieh entsehiedener wird aber die Bewegung gehemmt, wenn sieh an den Rändern der bei eongruentem Sehlusse noch auf eineinander beweglichen Sehleifungsfläehen andere Oberflächenstüeke der Knoehen aus der idealen Fortsetzung jener vorspringend erheben, so dass sie, wenn sieh die Ränder hier nähern, plötzlieh an einander stossen und das weitere Vorrüeken hindern. Aueh diese nur am Sehlusse der Gelenkbewegung in Berührung kommenden Stellen sind oft noeh serös glatt überzogen und passen genau auf einander, aber sie sind nieht gleitend versehiebbar oder nur sehr wenig und nieht im Sinne derselben Bewegung, die sie zum Sehliessen braehte. Diese Art der Hemmung sehliesst sofort und allein jede Fortsetzung der Bewegung aus und der Eintritt einer anderen würde die Aufhebung des genauen Sehliessens zur Voraussetzung haben. Ist dieses gesiehert, so steht das Gelenk beim Contact der Hemmungsfläehen von selbst still.

Fig. 14.



An den Gelenken des mensehliehen Skelets ist die letztere Art der Hemmung die entsehieden vorherrsehende. Dies ist sehon daran einfaeh zu erkennen, dass sie fast gar kein federnd allmäliges Anhalten zeigen, sondern die Versehiebung der Contaetflächen über einander innerhalb des ganzen Spielraumes ungehindert erfolgt, dann aber plötzlieh vollkommen still steht. Dann sind solche Berührungsstellen der Knoehen in Sehluss gekommen, auf denen keine gleitende Versehiebung möglieh ist und er wird nur dureh

rückgängige Bewegung wieder aufgehoben. Versucht man dann noch weiter nach derselben Seite zu drehen, so drängt man die Hemmungsstellen nur fest an einander und hebt, indem sie selbst zum Drehpunkt einer neuen abnormen Bewegung werden, an der gegenüber liegenden Seite des Gelenks die genaue Berührung der eigentlichen Schleifungsflächen des Gelenks auf. Dem widersetzen sich dann die Bänder, welche über die Spalte des Gelenkes an der Seite hinweggespannt sind, an der es nun zum Klaffen kommen würde, sowie die starken Haftbänder. Daher hat es dann oft den Anschein als hemmten diese direct den weiteren Fortgang der normalen Bewegung über ein bestimmtes Maass hinaus, während diese schon durch das Anstossen der Hemmungsflächen abgeschlossen wird und nur der Eintritt einer ganz neuen mit Klaffen des Gelenks verbundenen durch die Bänder verhindert wird, welche stets die Festigkeit des Schlusses erhalten. Man kann die Gelenke, deren Bewegung so entschieden über ein bestimmtes Maass nicht hinausgehen kann, als geschlossene, die anderen als offene bezeichnen.

Nicht nur bei Hemmung durch Berührung von vorspringenden Knochenrändern, sondern auch bei der durch Spannung von Bändern tritt der Schluss der Bewegung in der Regel dann ein, wenn der eine oder andere Rand der Pfanne den entsprechenden des Gelenkkopfes erreicht. Sie kann also so viel auf demselben hin und her gleiten, als sie in der Richtung der Bewegung kürzer ist, oder der Spielraum eines Gelenks ist gleich dem Winkel, um welchen der an einem Knochen als Concavität ausgebildete Sector der schleifenden Flächenkrümmung grösser ist als der convexe am anderen. (Vgl. Fig. 14.)

§. 12. Wirkung der Muskeln.

Wenn eine Summe von Zugkräften, die, wie die Verkürzung von Muskelfasern, die eine Stelle des Körpers, an der sie angreifen, in einer geraden Linie zu bewegen streben, die Bestimmung hat drehende Bewegungen, wie die der Gelenke hervorzubringen, wobei alle Theile des bewegten Körpers sich in concentrischen Kreisbahnen gleichzeitig in verschiedener Richtung bewegen müssen, so wäre die geeignetste Anordnung zu diesem Zwecke die, dass mehrere derselben mehrere Stellen des zu bewegenden Körpers gleichzeitig in verschiedener Richtung angreifen und zwar möglichst nahezu jeder in der Tangente des Kreisbogens, auf dem er sich

in Bewegung setzen soll. Solche Muskeln gibt es auch, die viele Stellen eines Knochens in verschiedener Richtung angreifend ihn drehend bewegen. So kann eine drehende Bewegung eingeleitet werden, ohne dass sie durch einen festen Gelenkmechanismus schon als einzig möglich vorgezeichnet ist. Ist dies dagegen der Fall, so genügt es auch, dass eine Stelle des zu drehenden Körpers von einer Kraft oder von einer Componente derselben in der Tangente des Kreises, den sie zu durchlaufen hat, angezogen wird, und die entsprechende Bewegung aller andern erfolgt zugleich. So wirken die meisten Muskeln mit einfacher Zugrichtung auf die Gelenke.

Ein Aggregat von Muskelbündeln, das mit seinen beiden Enden an nur wenig ausgebreiteten Stellen zweier durch ein Gelenk verbundenen Knochen unmittelbar oder durch Sehnen befestigt ist, gibt, wenn sich alle zugleich contrahiren, eine resultirende Wirkung, die man sich als einen geradlinigen Zug denken kann, welcher die Mittelpunkte der beiden Befestigungsstellen einander zu nähern strebt, wenn der Muskel gerade dazwischen ausgespannt ist. Ist dagegen der Verlauf seiner Fasern oder die Lage seiner Sehne gebogen oder geknickt durch eine zwischen den Endpunkten liegende Anheftung oder rollenartige Umschlingung, so bewegt er jeden seiner Endpunkte gegen die Knickungsstelle hin, wenn diese eine stärkere Fixirung hat als jene, oder im umgekehrten Falle den Theil, mit welchem er in ihr verbunden ist, gegen die gerade Verbindungslinie der Enden hin. Immer kann seine Wirkung auf einen der Theile, an welchen er fixirt ist, als einfacher geradliniger Zug gelten, und der Einfluss, den dieser nach Verhältniss seiner Stärke auf die Drehung eines Gelenks hat, ist nach dem in §. 8. Entwickelten einfach zu bestimmen aus seiner Lage zur Achse und der Entfernung des angezogenen Punktes von der Achse des Gelenkes. Damit ist die Bestimmung der Wirkung der Muskeln im gewöhnlichen Sinne gegeben.

Für die gewöhnlichsten Fälle ist die Anwendung davon sehr einfach. Die Enden eines Muskels und also auch seine Zugrichtung liegen meist ungefähr in der zur Achse des Gelenks, welches er zu bewegen hat, senkrechten Ebene, in welcher auch sein Angriffspunkt sich in einem Kreisbogen bewegen kann, und zwar so, dass sie mit dem Hebelarm, an dem sie angreift, einen spitzen Winkel macht. In dieser Ebene ist dann also seine Wirkung sehr einfach in die zwei Componenten zu zerlegen, von denen die eine in der Tangente der möglichen Bewegung des Angriffspunktes,

senkrecht zu ihrem Hebelarm an diesem drehend wirkt, die andere mit ihm zusammenfällt, die Achse schneidet, die Knochen nicht bewegt, nur gegen einander drückt. Für die Bestimmung des Drehungsmomentes, welches die erstere durch ihr Angreifen an dem ganzen Hebelarm gibt, kann kürzer die vereinfachte Ableitung eintreten, dass man sich die ganze Kraft an dem idealen Hebelarm wirksam denkt, welcher gegeben ist durch die Senkrechte von der Achse auf die Zugrichtung. Nur wenn auch eine anderweitige Wirkung der gegen die Achse hin gerichteten, also nicht drehenden Componente des Muskelzugs ermittelt werden soll, kann jene Zerlegung nicht umgangen werden. Dies tritt z. B. ein, wenn die beiden Knochen, an denen der fragliche Muskel befestigt ist, noch durch ein anderes Gelenk gegen einander beweglich sind, also die Achse des einen gegen einen von ihnen auch.

Fig. 15.



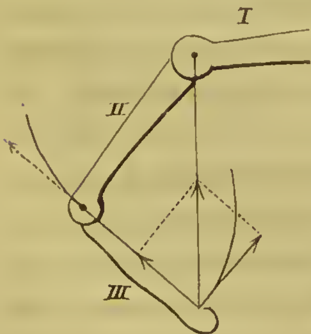
Bei einem Kugelgelenk kann die Componente eines Muskelzugs gesucht werden, mit der er auf die in demselben zulässige Drehung um irgend eine der durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Achsen wirkt, oder es kann die Achse aufgesucht werden, um welche er es drehen wird, wenn keine andere Kraft einwirkt, weil er zur Drehung um sie die günstigste Lage hat. Man legt zu diesem Zwecke einfach eine Ebene durch seine Zugrichtung und den Mittelpunkt der Kugel. Auf ihr steht die Achse senkrecht, um die der Muskel das Gelenk drehen kann. Hier liegt dann auch gleich ganz rein der Fall vor, der für Gelenke mit einfacher Drehungsachse eben als einfachster und gewöhnlichster angenommen ist, dass nämlich die Richtung des Zuges in der Ebene des Kreises liegt, auf dem sich ihr Angriffspunkt, ihrem Zuge folgend, bewegen kann.

Die bisherige Bestimmung der Wirkung eines Muskels ist aber nur bei einer bestimmten Ausgangsstellung des Gelenks, auf welches er wirkt, anwendbar und gültig. Denn mit jeder Veränderung derselben ändert sich auch die gegenseitige Lage der beiden Endpunkte des Muskels und die der Zugrichtung zur Achse des Gelenks (ausgenommen wenn sie ganz nahe letzterer rollenartig befestigt ist). Der Winkel, den sie mit ihrem (realen) Hebelarme bildet,

wird grösser oder kleiner, folglich auch ihre zu demselben senkrechte Componente, welche der Drehung zu Gute kommt, oder der ideale Hebelarm, an dem man sich den ganzen Zug drehend denken kann (vgl. Fig. 15). Am grössten sind sie natürlich, wenn die ganze Kraft senkrecht zu ihrem realen Hebelarm liegt, an dem sie dann ganz wirkt, oder der dann zugleich der ideale ist. Zuweilen kommt dieser Fall innerhalb des Spielraumes der Drehung vor. Dann wird das Verhältniss der Wirkung des Muskels zur Hervorbringung der Drehung um so günstiger bei Annäherung an diese Stellung des Gelenks. In der Mehrzahl der Fälle wird diese günstigste Lage nie erreicht und der Winkel, den die Richtung der Kraft mit ihrem realen Hebelarme macht, nähert sich nur bei der Bewegung gegen die eine Grenze des Spielraums hin einem rechten. Dann wird das Verhältniss der Angriffsrichtung zur Wirkung des Muskels nach dieser Seite immer günstiger. Man kann hiernach die Muskeln in solche eintheilen, deren Lage immer günstiger zur Wirkung wird, je mehr sie zur Geltung kommt, indem ihre Enden sich genähert werden, oder umgekehrt dann immer mehr abnimmt. Ersteres kann ohne Schaden vorkommen bei Gelenken mit entschiedener Hemmung, bei anderen ist letzteres mehr am Platze.

Bei Muskeln, die über mehrere Gelenke hingespannt sind, bestimmt man meist die Wirkung, die sie auf jedes derselben ausüben, allein, indem man sich das andere, oder die anderen als stillstehend denkt und auch annimmt, dass sie zur Aeusserung kommt, wenn die anderen durch andere Kräfte festgestellt sind. Ganz erschöpfend ist diese Betrachtungsweise freilich nicht. Denn nicht nur ist ein solches Feststellen der Gelenke, auf die ein Muskel nicht wirken soll, selten ein so absolutes, dass die hinzukommende Action desselben nicht eine Veränderung hineinbrächte, sondern es kann auch, wenn ein Antheil eines Muskels auf das eine Gelenk bewegend wirkt, ein anderer übrig bleiben, der das andere bewegt, wenn es die ganze Wirkung nicht thäte. Wäre z. B. mit einem relativ unbeweglichen Knochen I. ein zweiter II. und mit diesem ein dritter III. durch ein Charnier verbunden, und ein Muskel entspränge am ersten so, dass sein Zug am dritten gerade nach der Achse des ersten Charniers hin gerichtet wäre, an der des zweiten aber entfernt vorbeiginge, so würde er dieses bewegen, auch wenn jenes festgestellt wäre, aber nicht jenes, wenn dieses. Und doch bewegt er beide, das zweite mit dem Theile seines Zuges, der tangential zu dem Bogen liegt, in dem sich sein Angriffspunkt um die Achse desselben drehen könnte, das erste durch den übrig bleibenden Antheil der gegen die Achse des zweiten hin gerichtet ist, für den diese Angriffspunkt

Fig. 16.



wird. Eine erschöpfende Bestimmung der Wirkung auf mehrere Gelenke ist nicht ohne Berücksichtigung der Grösse aller mitwirkenden Kräfte und Widerstände durchzuführen.

Ganz auf dieselbe Weise, wie die Wirkung der Muskeln, lässt sich die jeder anderen Kraft, welche die Knochen bewegend angreift, dem Mechanismus der Gelenke gegenüber betrachten und in die Componente, welche auf eine normale Drehung derselben hinwirken und die, welche nur die Knochen von einander zu ziehen oder gegen einander zu drücken streben kann, zerlegen. In Ueberwindung der verschiedensten Kräfte durch Drehung der Knochen in den Gelenken besteht der eigentliche Hauptgebrauch der Muskeln. Zu diesem Zwecke werden sie willkürlich so in Action gesetzt, dass von den die Drehung begünstigenden Componenten ihres Zuges die anderer Kräfte, welche dieselbe ebenfalls, aber im entgegengesetzten Sinne begünstigen, überwunden werden. Von beiden bleiben dann aber noch die nicht drehenden Antheile übrig. Dasselbe geschieht, wenn auch nur von den Zugkräften mehrerer Muskeln die drehenden Componenten sich theils summiren, theils entgegen wirken. Die nicht drehenden vereinigen sich dann meist zu festerer Gegeneinanderdrückung der Gelenkflächen, da die Zugrichtungen mit den Hebelarmen meist spitze Winkel bilden. Solche Verstärkung des Drucks zwischen den überknorpelten Contactflächen der Knochenenden ergibt sich permanent aus dem elastischen oder tonischen Verkürzungsbestreben in allen über ein Gelenk hingespannten Muskeln, auch ohne alle Bewegung. Sie ist schon bei gewöhnlicher Ruhelage nicht unbedeutend, kann aber noch besonders verstärkt werden, wenn die Muskeln, deren drehende Wirkungen einander entgegengesetzt sind, mit Anstrengung zugleich contrahirt werden, um das Gelenk in einer mittleren Stellung entschiedener zu fixiren. Bei gleichmässigem Gegeneinanderwirken werden die ein Gelenk bewegenden Muskeln eine zwischen den Extremen liegende Stellung desselben hervorbringen, welche um so mehr dem einen oder anderen Ende des ganzen Spielraumes nahe liegt, je stärker die im einen oder andern Sinne bewegende Muskelgruppe die ihr entgegenwirkende überwiegt. Dies ist an solchen Gelenken der Fall, an denen stets vorherrschend eine andere Kraft in einer bestimmten Richtung angreift, der dann die stärkeren Muskeln anhaltend entgegen wirken müssen (wie z. B. die gesammten starken Nackenmuskeln der vorn herab ziehenden Schwere des Kopfes). Zieht man diese mit in Rechnung, so wird sich aus ihrer gewöhnlichen

Einwirkung und dem Zusammenwirken aller Muskeln eine Mittellage des Gelenks ergeben, die als die durchschnittliche aus den abwechselnden wirklichen Stellungen gelten kann.

§. 13. Mechanismus der Luxationen.

Wenn Kräfte auf ein Gelenk wirken, die nicht nur eine bei normalem Schliessen desselben mögliche Bewegung fördern, sondern Stellungen hervorzubringen streben, die nur mit Aufhebung desselben zu Stande kommen können, so bleiben dieselben scheinbar ganz unwirksam, so lange die Befestigungsmittel des Gelenkes ihnen widerstehen. Reichen dieselben aber nicht mehr aus, so kommt es zum Klaffen und, wenn die abnorme Entfernung der zu einander gehörigen Contactflächen bedeutend wird, so kommen sie nach dem Aufhören der trennenden Gewalteinwirkung nicht wieder auf einander. Beim Klaffen entsteht momentan ein leerer Raum, in welchen sofort Blut ergossen wird, da die feinen Gefässschlingen in den Synovialfalten zerrissen werden, sobald sie den ganzen Luftdruck ausser dem gewöhnlichen Blutdruck auszuhalten haben. Ausserdem zerreissen auch die stärkeren Bänder, welche den Schluss mit erhalten. Diese Verletzungen geben das Bild der Verstauchung oder Distorsion, wenn die Contactflächen gleich nach dem Klaffen zur normalen Aufeinanderpassung zurückkehren; geschieht dies nicht, so ist die Verrenkung oder Luxation fertig. Die wesentliche, nur durch eine Krafteinwirkung entstehende Verletzung ist in beiden Fällen die Aufhebung des normalen Schlusses, die nur nach zufälligen Nebenumständen entweder gleich wieder unmerklich wird, oder bestehen bleibt. Diese erfolgt entweder durch eine über das normale Maass hinaus im Sinne der gewöhnlichen fortgesetzte Bewegung; oder die Knochen werden, ohne diese nach einer Seite erschöpft zu haben, aus der normalen Richtung derselben weggedrängt.

Das erstere geschieht durch Einwirkung von Kräften, die, wie die normal drehenden, wesentlich in einer zur Achse senkrechten Ebene wirken. Ist dadurch die normale Drehung bis zu Ende geführt und dauert die Krafteinwirkung in demselben Sinne fort, so kommt die weitere Lageveränderung und die damit verbundene Zerstörung der Befestigungsmittel des Gelenks verschieden zu Stande, je nachdem die Hemmung auf Anstossen von nicht gleitend über einander beweglichen Knochenstellen oder nur auf Spannung von Bändern beruht, ob das Gelenk ein geschlossenes oder ein offenes

ist. Im letzteren Falle erfolgt die Aufhebung des Contactes durch Abwickelung, im ersteren durch eine neue Drehbewegung.

Bei offenen Gelenken werden zunächst einfach die Contactflächen ferner über die Grenze des normalen Spielraumes hinaus von einander abgewickelt, so dass ihre am Schlusse der normalen Bewegung zusammen gekommenen Ränder über einander hinausgehen, bis sie vollkommen von einander abgleiten. Dabei werden die Bänder der den übereinander geschobenen Rändern gegenüber liegenden Seite allmälig gezerrt und endlich ganz zerrissen. Bei diesem allmäligen Fortschreiten wird aber auch die Gewalt, die dazu führt, allmälig verbraucht und hier kommt es also zu keiner sehr plötzlichen Entscheidung des Losreissens und Klaffens der Contactflächen; es finden mehr Uebergänge von mässiger Ueberdehnung der Bänder zu völliger Verstauchung Statt.

Bei geschlossenen Gelenken tritt eine plötzlichere Entscheidung derselben ein. Stossen in der Nähe der Gelenkflächen die über sie vorspringenden Knochenstellen an einander, so kann die normale Drehung des Gelenks nicht im geringsten weiter gehen. Ist aber die Kraft, welche zur Fortsetzung derselben drängt, noch so stark, dass die Bewegung damit nicht zum Stillstande gebracht wird, so tritt eine neue Drehung ein, nicht mehr um die Achse des Gelenkkopfes, sondern um eine ähnlich gerichtete, welche durch die hemmende Berührungsstelle geht. Denn hier werden die Knochen an einander festgestemmt, an der gegenüberliegenden Seite des Gelenks die schleifenden Contactflächen von einander gehoben. Die Bildung eines leeren Raumes und die Zerreissung der Bänder muss damit sofort eintreten und kann auch bei sehr grosser Festigkeit der letzteren erzwungen werden, da sie von dem Centrum der neuen, zum Klaffen führenden Drehbewegung gar nicht weit entfernt sind, während die auf die übermässige Bewegung hinwirkende Kraft oft weit von dem Gelenk entfernt angreift, also für Bewirkung dieser Drehung einen grossen Hebelarm hat, mithin ein grosses Moment gibt.

Eine Entfernung der in einem Gelenk verbundenen Knochen aus der Bahn der in demselben normal zulässigen Bewegung ohne Erschöpfung der letzteren wird hervorgebracht durch Kräfte, deren wirksamste Antheile nicht in zur Achse senkrechte Ebenen, sondern in dieselbe Ebene mit der Achse fallen, also keine normale Drehung

einleiten, sondern den einen Knochen gegen den anderen in der Richtung zu dem einen oder anderen Ende der Achse hin andrängen. Dabei kommt das Aufklaffen stets so, wie beim Ueberschreiten der normalen Bewegung nur in dem zuletzt besprochenen Falle der Hemmung durch Knochenberührung, plötzlich und durch eine neue abnorme Drehbewegung zu Stande. Die Anstemmungsstelle, um die sich die Knochen in diesem Falle drehen, liegt am Rande der Gelenkfläche auf der Seite, nach welcher sie gegen einander hin gedrängt werden. Die Seitenbänder der anderen Seite werden zerrissen. Bei Kugelgelenken kommt dieser Fall nicht in Betracht, da nach jeder Richtung eine normale Drehung möglich ist, also diese immer erst erschöpft und dann über ihre Grenzen fortgesetzt wird. In beiden letzteren Fällen, bei übermässiger Drehung eines durch Contact von Hemmungsflächen geschlossenen Gelenks und bei Wegdrängung der Knochen über den Seitenrand der Gelenkflächen tritt eine gewaltsame Anstemmung und dadurch Fixirung eines Drehpunktes zu Abhebelung sonst constant auf einander schliessender Flächen ein; dabei ferner nicht selten eine Zersplitterung oder Zerquetschung an der angestemmten Stelle.

Wenn die Aufklaffung eines Gelenks so weit gegangen ist, dass sich die Schleifungsflächen nicht mehr einander entgegenstehen, so kann eine zweite abnorme Bewegung hinzutreten, wodurch die von einander gehobenen Gelenkflächen über einander hin verschoben, auch die angestemmten Hemmungsflächen oder Seitenränder von einander gerückt werden. Ebenso werden, wenn durch übermässig fortgesetzte Abwickelung die Schleifungsflächen eines offenen Gelenkes ganz von einander entfernt sind, die Knochen an einander vorbei verschoben. Damit kommt zur Aufhebung des Contactes die weitere Dislocation, dadurch wird aus der Verstauchung die Verrenkung. Denn die Knochen kehren dann nur selten von selbst wieder in die normale Stellung zurück. Vielmehr bringt das unwillkürliche Bestreben sie durch die Muskeln in eine der normalen ähnlichere Stellung zurück zu führen meist eine dritte abnorme Lageveränderung zu Stande. Es ist von grösster praktischer Wichtigkeit, sich im einzelnen Falle nach der vorgefundenen Lage der dislocirten Knochen die dieser vorher gegangenen reconstruiren zu können, da oft nur die umgekehrte Wiederholung der Bewegungen, durch welche das Gelenk aus seinem normalen Schlusse in die letzte dislocirte Stellung gekommen ist, zu dessen Zurückführung aus dieser in jenen führen kann.

§. 14. Synarthrosen und Doppelgelenke.

Alles Bisherige bezieht sich nur auf die Gelenke im engeren Sinne oder die Diarthrosen, in denen glatte, nicht direct verwachsene Endflächen der verschiedenen Skeletabschnitte sich berühren. Sie sind es auch, die vorzugsweise gesetzmässig bewegliche Mechanismen darstellen, welche sich auf das vorangestellte einfache Gesetz der congruenten Flächenverschiebung mit geringer Ungenauigkeit zurückführen lassen. Auf Synarthrosen dagegen, in welchen benachbarte Knochen continuirlich mit einer sie verbindenden Schicht von weicherer Masse verwachsen sind, ist die strenge Durchführung eines solchen Gesetzes nicht anwendbar; sie geben auch in der That keine fest geregelte, sondern nur eine elastisch unbestimmte Beweglichkeit der verbundenen Theile. Annähernd lassen sich aber auch für sie Regeln ihrer Beweglichkeit geben, welche namentlich dann in Betracht kommen, wenn sie mit wirklichen Gelenken zusammenwirken.

Wenn die Beweglichkeit von zwei zusammenhängenden Knochen nicht durch freies Gleiten ihrer Endflächen über einander, sondern durch Dehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit (beziehungsweise beides zugleich, Torsion) der sie verbindenden weichen Schicht bedingt ist, so sind allseitige Drehungen derselben um die verschiedensten Achsen möglich und zwar im Allgemeinen um so ausgiebiger, je dicker und weicher die verbindende Schicht Weichtheile ist, welche durch die Gestaltveränderung, der sie bei der Bewegung unterliegt, dieselbe federnd hemmt. Gewisse Drehungen sind aber doch viel mehr, andere viel weniger zugelassen. Vorzugsweise leicht ausführbar sind die Drehungen um alle Achsen, welche mitten durch die verbindende weiche Masse gehen. Wenn sie annähernd parallel den durch dieselbe verbundenen Endflächen der Knochen liegen, also diese nach der einen oder anderen Seite gegen einander hingeneigt werden, so wird die weiche Zwischenmasse an der einen Seite etwas zusammengedrückt, an der anderen etwas ausgedehnt, was sich theilweise ausgleicht, wenn ihre inneren Theile leicht in sich verschiebbar sind. Geschieht die Drehung mehr um eine zur Fläche der Syndesmosenberührung senkrechte Achse, wird also mehr der eine Knochen über dem anderen gedreht, so wird die weiche Masse mehr im Ganzen torquirt. Sie kann aber auch im Ganzen zusammengedrückt oder ausgedehnt werden, und dadurch sind Bewegungen der Knochen von einander und gegen einander möglich, also rein progressive in zur Fläche der Syndes-

mose senkrechter Richtung, oder Drehung um von ihr entfernte, aber mit ihr annähernd in Einer Ebene liegende Achsen. Nahezu unmöglich sind dagegen solche Bewegungen, wobei die Endflächen der Knochen bedeutend über einander hin verschoben werden müssten, also progressive Verschiebungen in der Fläche der Synarthrose parallelen Richtungen und Drehungen um Achsen, die ausserhalb der Syndesmose und zur Fläche derselben senkrecht, oder wenn mehr parallel, bedeutend ausserhalb derselben liegen, mehr auf einer Seite als neben einem Rande der weichen Schicht.

Zwischen den Synarthrosen und den Diarthrosen gibt es ausserdem, wie schon gesagt, verschiedene Uebergänge. Auch an den Grenzen einer weicheren Zwischensubstanz zwischen zwei Knochen bilden sich glattere Trennungsspalten, oder doch vorzüglich lockere Verbindungsschichten aus, wo dann neben ihrer Gestaltveränderung auch Flächenverschiebung und so eine dem Schleifen der Gelenke ähnliche Bewegung der einander annähernd entsprechend geformten Knochenenden erfolgt. Solche Syndesmosen mit Andeutung von Gelenkspalten und Flächenverschiebung nennt man Halbgelenke. Kommt es aber zu vollkommener Gelenkbildung zwischen festeren faserknorpeligen Zwischenstücken und durch sie verbundenen Knochen, also Trennung derselben ohne directe Verwachsung mit dem Zwischengliede, so kann man die auf beiden Seiten solcher Zwischenknorpel statt findende Verschiebung zwischen ihnen und den beiden Knochen als selbständige Gelenkbewegungen nach den Gesetzen der Diarthrosenconstruction auffassen und dem entsprechend aus der Form der Berührungsflächen regelmässig erklären, nur auch etwas weniger streng genau. Solche Combinationen von zwei nur von einem kleinen nicht knöchernen Körper getrennten Gelenken, oder, wie man sie nennen kann, Doppelgelenke geben eine regelmässige Verbindung ihrer Einzelbewegungen.

§. 15. **Structur und Genese der Gelenke.**

Die Theile, welche die Gelenke bilden, sind aus allen möglichen Abstufungen der Gruppe von Geweben zusammengesetzt, die den nur passiv beweglichen festen Bau des Skelets ausmachen, und das Gemeinsame haben, dass sie der Hauptsache nach aus einer bald mehr homogenen bald mehr zerspaltenen leimgebenden Grundsubstanz bestehen, in deren Lücken und Spalten sich nur isolirte Reste zelliger Elemente finden. Nur der Knochen ist durch die von der Gefässvertheilung in ihm bedingte eigenthümliche lamellöse

Ausprägung der Grundsubstanz und die Kalkinfiltration derselben, die ihm die grössere Starrheit im Vergleich mit allen anderen gibt, scharf von diesen gesondert. Die anderen, in der ausgebildetsten Form ebenfalls deutlich charakterisirten Typen, des Knorpels mit der ganz homogenen und des Bindegewebes mit der ganz in Fasern zerspaltenen Grundsubstanz gehen durch viele Mittelstufen mehr oder weniger vollkommener Zerspaltung, die Faserknorpel häufig ganz allmälig in einander über. An den Diarthrosen finden sich die deutlich charakterisirten Formen vollkommen ausgebildet und mit nur geringen Uebergängen an den Grenzen neben einander. Die Verbindungsschichten der Knochen an den Synarthrosen dagegen sind es, die alle möglichen Uebergangsformen der Faserknorpel vom reinen Knorpel bis zu reinem Bindegewebe darstellen.

Die regelmässig geformten Gelenkflächen der Diarthrosen haben einen ganz glatten Ueberzug von reinem Knorpel, der ganz analog einer Epithelialdecke die Einwirkung der Reibung und des Druckes von dem gegen beide empfindlicheren Knochen abhält. Die Unebenheiten des letzteren füllt er gleichmässig und dicht anschliessend aus. Sein Gewebe besteht aus homogener Grundsubstanz mit in Lücken derselben eingeschlossenen und von einander getrennten Resten zelliger Elemente. In der Tiefe sind dieselben theils noch halb in Lücken der Knochensubstanz steckend mehr vollkommen erhalten und rundlich aufgetrieben, mitunter mehrere zusammen, auch wohl über einander aus der Unterlage hervor stehend. Nach der Oberfläche hin sind sie mehr und mehr parallel derselben platt gedrückt, überhaupt verkleinert und in ihrer Zusammensetzung verkümmert, der Unterschied eines Kernes von der übrigen Substanz in einer Lücke verwischt. Solche auf ein Minimum reducirte abgeflachte Blastemklümpchen sieht man auch hier und da an der freien Fläche aus offenen Lücken der Grundsubstanz sich heraus lösen. Es scheint offenbar ein ähnlicher Process der Abnutzung an der freien Oberfläche und des Nachschubs aus der Tiefe, wie beim Epithelium hier stattzufinden, nur bedeutend langsamer, indem die oberflächliche Schicht vor der Abschleifung sehr comprimirt wird und die Reibung sehr gering auf ihr ist.

Die Bänder bestehen aus vollkommen faserig geformtem Bindegewebe, die dünneren in Form von Membranen ausgebreiteten Kapselparthien aus locker gewebtem Fasergeflecht, die festeren Haftbänder aus dicht an einander gedrängten parallel geordneten, zwischen den Ansatzstellen ausgespannten Fasern, ähnlich den

Sehnen. Wie der Knorpel auf den Enden der Knochen den Druck derselben gegen einander zu ertragen hat, so die Fasern jede bedeutendere Spannung durch Entfernung der Stellen, an denen sie befestigt sind. Nur wenige bestehen fast ganz aus elastischen Fasern, so dass sie gelbe Farbe und grosse Elasticität zeigen. Die glatte Fläche, welche in die Synovialspalte des Gelenks hineingekehrt ist, hat einen Ueberzug von Epithelium. Darunter ist, wenn nicht unmittelbar festere Bandstränge anliegen, lockeres gefässreiches Fettzellgewebe angehäuft. Von den zartesten scharfen Falten und Zipfeln, welche von der Fläche der Kapsel aus zwischen die Knochen eindringen und kleine Lücken des Contactes ausfüllen, gehen zuweilen auch ganz zerspaltene Bindegewebsfasern frei in der Spalte des Gelenkes endigend aus. An den Rändern der Gelenkflächen geht der Knorpel auf denselben durch Zerfaserung in das Bindegewebe der sich zunächst anschliessenden Bänder über.

Viel ausgedehnter ist dies bei den Synarthrosen der Fall. Sie haben zwar an den Grenzen der verbindenden Masse auch Schichten von deutlicherer Sonderung, nächst dem Knochen aufliegend Knorpel, aussen um die Contactstelle herum Fasern. Es gibt auch solche, an denen das eine oder das andere Gewebe ganz vorherrscht, wonach man Synchondrosen und Syndesmosen unterscheidet. Aber im grösseren Theile ist meist weder vollkommen homogene Grundsubstanz nach deutlich ausgezogene Faserung zu erkennen, wie sie denn auch weder nur Druck noch auch nur Spannung zu ertragen haben. Indessen nähert sich doch die Structur in der Regel dem einen oder andern, gleichmässig zusammenhängende, weiche, stark hygroskopische Substanz mit kleinen rundlichen Zellen, lockerer Netzknorpel, oder feste straffe Substanz mit Andeutung einer Streifung von Knochen zu Knochen in ihr.

Wenn sich beim Embryo zuerst die Gelenke entwickeln, besteht die ursprünglich ununterbrochene Anlage der Knochen noch aus reinem Knorpel. Wenn in derselben von mehreren Stellen aus Knochenkerne sich entgegenwachsen, der Knorpel dazwischen aber wesentlich unverändert bleibt, so entstehen reine Synchondrosen. Dies ist fast nur der Fall zwischen den Stücken, die sich nachträglich vollends zu Einem Knochen verbinden. Zwischen denen dagegen, die getrennt bleiben, tritt schon ehe ihre Verknöcherung bis gegen die Berührungsstelle vorschreitet, oder überhaupt auch nur begonnen hat, eine Modification des Zusammenhangs der Knorpelelemente ein, aus der die Scheidung der Theile des Gelenkes

hervorgeht. Entweder die Lücken und Zellen in ihnen platten sich ab, rücken sich näher und die Substanz um sie her zerfällt allmälig, es entsteht eine abgeglättete Unterbrechung im Zusammenhange der Anlage des noch knorpeligen Knochens, in der dann nachher die Verknöcherung bis nahe an die abgelöste glatte Stelle vorrückt, so dass nur der Ueberzug des Gelenkknorpels übrig bleibt, während sich um die Ränder der Stelle, an welcher dies geschieht, die Bindegewebsschicht um die Knochenanlage ablöst und zu selbständigeren Strängen entwickelt; so entstehen reine Diarthrosen. Oder das Gewebe wird in der ganzen Dicke der Anlage eines Skeletabschnittes durch Zerfaserung der Substanz verändert, und diese bleibt dann zwischen den gegen sie hinwachsenden Knochen bestehen; so entstehen die Syndesmosen. Durch Verbindung beider Gewebsveränderungen die Zwischenstufen der Halb- und Doppelgelenke. Mit der Lostrennung zweier Abschnitte der Knorpelanlage, in welchen dann der Knochen nachher bis nahe zum Ende vorwächst und sie bis auf den kleinen Rest des Gelenkknorpels oder bis an die Syndesmosensubstanz hin ersetzt, geht zugleich auch die Bildung der Gestalt der Endflächen, mit denen sich die Knochen schliesslich berühren, und mit der Lösung von Bandschläuchen um die Contactstellen her die weitere Sonderung der Bänder vor sich.

Die letzteren Entwickelungsvorgänge gehen auch im Leben, theils normal, theils unter pathologischen Bedingungen noch fort und bedingen weitere Modificationen der Gestalt und des Mechanismus der Gelenke. Dieselben sind dann offenbar ganz abhängig von rein mechanischen Bedingungen, modificirter Vertheilung von Spannung und Druck durch die Wirkung der Muskeln u. a. bewegender Kräfte. Man kann davon zurückschliessend mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass auch die erste Bildung der Gelenke keine in einzelnen Stellen der histologisch ganz gleichartigen Knorpelanlage des Skelets primär localisirte Einwirkung typischer Kräfte anzunehmen fordert, sondern ganz mechanisch durch den Einfluss der beginnenden Muskelaction auf dieselbe bewirkt sein kann, so dass, wie das fertige normale Gelenk mit seinem Mechanismus die Bewegungen vorschreibt, die die Muskeln ausführen können, in der ersten Entstehung umgekehrt die Wirkung des activen Theiles die Gestaltung des passiven Organs bedingt. Man kann sich sehr wohl vorstellen, wie die einfachen Veränderungen des Drucks und der Spannung, die in der ursprünglich zusammenhängenden Knorpel-

anlage von Zugkräften bewirkt werden, welche dieselben an den nachmaligen Gelenkstellen umzubiegen streben, zu der Differenzirung des in der Entwickelung begriffenen leimgebenden Blastems führen können, aus der die verschiedenen Gewebsformen hervorgehen, und wie damit zugleich die regelmässig gebildeten Formen der Theile entstehen.

Wenn sich unter einem ursprünglich allseitig gleichmässigen Drucke der umgebenden Theile die Grundsubstanz des festeren Kerns der Körpertheile nur zu der homogenen Structur des Knorpels zusammendrängen kann, in der die zelligen Elemente gleichmässig vertheilt eingeschlossen werden, so zerschiebt und zerreibt sich eine Schicht derselben, wenn ein Abschnitt über einem andern durch nach zwei oder mehreren Seiten hin ziehende Kräfte beträchtlich hin und her gerückt wird; und wenn sich dies nach erfolgter Ablösung ihrer Endflächen so wiederholt, dass bald an der einen, bald an der anderen Seite ihre Ränder über einander hin gedrückt oder gegeneinandergestemmt werden, so kann dadurch eine Abschleifung der Contactstelle entstehen, welche bei Wechsel von nur zwei Bewegungsrichtungen zur Bildung von einachsigen, bei mehrseitiger Uebereinanderschiebung von mehrachsig gekrümmten Flächen führen muss. An den Rändern, welche sich von einander entfernen, tritt eine Spannung der nicht abgelösten Blastemschicht ein und in ihr kann sich die wachsende Grundsubstanz zu Bindegewebsfasern ausziehen. Die spätere Entwickelung des Knochens endlich wird immer nur so weit vordringen, als der Druck in die Anlage nicht mehr hinein reicht.

Nach dieser Auffassung wäre für die leimgebenden Gewebe, welche als träge Masse des Körpers keine activen Bewegungsvorgänge vermitteln, sondern nur elastische Widerstände zu leisten haben, dem allgemeinen Gesetze, das einen natürlichen Zusammenhang zwischen den Leistungen und den Ernährungs- und Entstehungsbedingungen der Organe als Regel fordert, wenigstens so weit es im Gebiete der Gelenke abzusehen ist, entsprochen. Der Knorpel hat Druck und Reibung auszuhalten und elastisch zu beschränken, die Bänder Spannung, der Knochen hat so gut wie keine Gestaltveränderung zuzulassen. Für jene wird der Einfluss einer solchen stetigen Volumsveränderung und Anstrengung der elastischen Kräfte ihrer Substanz auch zur Bildung und Erhaltung derselben erfordert, dieser entwickelt und ernährt sich nur ungestört, wenn er vor solchen Einflüssen durch seine Umgebungen geschützt ist.

Die Formen der Gelenkflächen, die schliesslich den Gang der durch die Muskeln ins Spiel zu setzenden Bewegungen der Knochen bedingen, ergäben sich dann als ursprünglich durch die Muskeln einfach entsprechend den Bewegungen geschliffene und geprägte. Wo nur nach zwei Seiten hin die verbundenen Knochen wiederholt hin und her gezogen werden, bilden sich krumme Flächen mit Einer Achse, rein drehrund, wenn die abwechselnd anziehenden Kräfte in Einer Ebene liegen, schief gegen ihre Achse also zu Schraubenflächen gebogen, wenn sie es nicht thun. Bei wechselnder Bewegung nach verschiedenen Seiten hin ist eine allseitige Abrundung der Contactfläche begreiflich.

Diese Auffassung hat zuerst L. Fick (Ueber die Gestaltung der Gelenkflächen. Aus dem Nachlasse herausgegeben von A. Fick. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 657) ausgeführt und durch Versuche an lebenden Thieren zu bestätigen versucht, an denen sich noch theilweise Veränderungen der Gelenkflächenform durch Wegnahme von Muskelportionen hervorbringen liessen. In gleicher Weise geben die Beobachtungen von C. Hüter über die noch im Leben erfolgenden Veränderungen der Gelenke (Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborner u. Erwachsener. Virchow's Archiv 25. Bd. u. ff.) analoge Erscheinungen im Kleinen. Ganz entsprechend diesen, aber viel auffallender sind die pathologischen Formveränderungen bei Contracturen, auf die ich im Folgenden komme. Sie zeigen nicht selten die Krümmungen der Gelenkflächen gewissermassen karrikirt durch die einseitige Herumbiegung. Bei dem Gegentheil derselben, der übermässigen Beweglichkeit der Gelenke von Tänzern u. dgl. muss sich ganz dasselbe nur nach beiden oder allen Seiten der Bewegung hin darstellen, so dass sie rein anatomisch die entgegengesetzten Contracturen des einen Gelenkes zusammengefasst zeigen. Der schwierigste Punkt für die Erklärung der ersten Bildung der Gelenkflächen durch solche rein mechanische Bedingungen ist die Frage, wodurch es entschieden wird, welcher von beiden zusammenstossenden Knochen convex und welcher concav abgeschliffen werden soll. Fick hat sich darauf zu beziehen versucht, dass einer von beiden zur Zeit der Bildung des Gelenks in stärkerem Wachsthum begriffen sei, worin aber, wenn es auch richtig wäre, doch noch keine Erklärung läge. Eher wird wohl die Entfernung der Stellen, wo an beiden die Muskeln angreifen, von der Trennungsstelle einen bestimmenden Einfluss üben, dann aber wieder die Ursache für die Lage der letzteren selbst zu erklären sein. Vielleicht könnte hier die Bildung der sattelförmigen Gelenkflächen Aufschluss geben, für die offenbar in zwei Durchmessern die Bedingungen die umgekehrten sein müssen.

§. 16. **Deformation und Contractur.**

Wenn die mechanischen Verhältnisse in einem Gelenke derartig verändert sind, dass Druck und Spannung in den Theilen derselben nicht mehr normal vertheilt sind, so entstehen Structurveränderungen derselben, welche zur Deformation des Gelenkes führen. Wenn die glatten Contactflächen der Knochenenden nicht

mehr in gleichmässig festem Schlusse auf einander gedrückt und über einander gleitend verschoben werden, so zerfasert sich die Grundsubstanz ihres Knorpels und derselbe zerspaltet sich allmälig zu einem Bindegewebsüberzug oder zerfällt ganz, so dass der Knochen entblösst wird. Dieser wird dann gegen jede ihn ferner noch treffende Einwirkung von Druck und Reibung nicht mehr geschützt und in Folge davon an der Oberfläche resorbirt, auch angrenzend sclerosirt und abgeschliffen. In der Umgebung der davon betroffenen Gelenkfläche bewirkt der pathologische Reiz osteophytische Wucherung an ihm. Eine zweite primäre Folge des nicht mehr gehörig gleichmässigen Schlusses der Contactflächen neben dem Verluste ihres Knorpels ist die Bildung von in die sich öffnenden Spalten hinein getriebenen zipfelförmigen Wucherungen der Synovialmembran. Wenn sich einzelne Anhänge solcher Excrescenzen stärker ausbilden, festere knorpelige Kerne einschliessen und sich endlich ablösen, so entstehen daraus die Gelenkmäuse. Diese Gruppe von Veränderungen tritt ein bei jedem luxirten Gelenke, dessen Contactflächen nicht bald wieder normal auf einander zu schliessen kommen, auch bei jedem das längere Zeit übermässig viel Flüssigkeit enthält, und häufig als primäre Krankheit bei alten Leuten, wahrscheinlich in Folge des gleichmässig verminderten Drucks der Muskeln auf die Gelenkflächen.

Zum Theil dieselben Veränderungen sind es, welche die Störung des Mechanismus der Gelenke begleiten, die durch langsam aber anhaltend auf die Beweglichkeit derselben abnorm einwirkende Kräfte bedingt und unter dem Namen der Contracturen zusammengefasst werden. Die Abnormitäten der Stellung und Gestalt der Gelenkenden, die daraus entstehen, sind in ähnlicher Weise, wie die Luxationen aus der Einwirkung von Kräften, die plötzlicher den Mechanismus stören, erklärlich. Man kann auch hier solche Einwirkungen von Muskeln oder andern mechanischen Einflüssen unterscheiden, welche die normal mögliche Bewegung übermässig begünstigen und solche, die die Knochen aus der Bahn derselben verdrängen.

Wird die normal mögliche Bewegung nach der einen Seite hin anhaltend mehr begünstigt als nach der anderen, so verschiebt sich die mittlere Lage dorthin und kann am Ende ganz an die Grenze des Spielraums rücken, so dass dann die Knochen in einer extremen Stellung des Gelenks fest stehen. Zugleich wird die Andrängung der Knochen stärker an der Seite, wo sich die Ränder

ihrer Contactflächen vorherrschend nähern. Hier leidet die Ernährung des Knochens, auch wenn der Knorpel wohl erhalten ist; die Knochen treten hier durch Verlust von Substanz gegen diesen Rand hin näher auf einander, wodurch schon der Ausschlag der Drehung nach dieser Seite hin übermässig ausfällt, während zugleich durch den Verlust an dem convexen Theil, der sein Ende stärker biegt, die Achse der Drehung nach der anderen Seite hin verschoben wird. An der anderen Seite wird der normale Druck auf die Contactflächen vermindert, oder fällt ganz weg. Hier tritt dann die Zerfaserung des Knorpels ein, die wie oben erwähnt zu Verwandlung in Bindegewebe führt. Dieses verwächst mit der darüber hin gespannten Gelenkkapsel und die von ihm überzogene Knochenoberfläche hört auf zu der Gelenkhöhle zu gehören. Diese Veränderung kann sich später durch das ganze Gelenk hin fortsetzen und zur Anchylose führen. Wird die Verschiebung gegen die Grenze der normalen Bewegung hin noch weiter begünstigt, so können die Ränder der Gelenkflächen auch über einander hinaus verschoben werden. Bei geschlossenen Gelenken geht das freilich nur langsam. Denn wenn die Hemmungsflächen in Contact gekommen sind, so ist ein weiteres Fortschreiten der Verschiebung, wenn kein plötzliches Aufklaffen an der anderen Seite eintritt, nur noch möglich durch den Schwund der an der Contactstelle durch anhaltendes Anstemmen gegen dieselbe stattfindet. Bei offenen Gelenken dagegen kann es durch Ueberschreiten der Ränder bis zu vollständiger Spontanluxation kommen. Doch tritt auch hier oft secundär eine Hemmung durch Contact der Ränder ein, wenn sich die Gelenkfläche schon unter das Niveau des angrenzenden Theiles der Knochenoberfläche eingedrückt hat, oder Osteophyten über den Rand hervortreten.

Wird nicht sowohl eine normal zulässige Bewegung anhaltend begünstigt, sondern bei einem Gelenke mit einfacher Drehungsachse die Knochen aus der festen Bahn der Bewegung abgelenkt, indem die abnorm einwirkende Kraft nicht in einer zur Achse senkrechten Ebene, sondern mehr in einer mit ihr gleich gerichteten auf dieselben einwirkt, so bewirkt dies kein Ueberwiegen oder Festsetzen einer extremen Stellung des Gelenks, sondern nur Vermehrung des Drucks zwischen den Gelenkflächen an dem Rande, an dem sie dann beständig stärker gegen einander gestemmt werden. Hier werden dann die Oberflächen durch Schwund etwas zurückgedrängt, die Knochen etwas gegen einander geneigt, die Achse der Bewe-

gung etwas zurückgedrängt, also nicht wie bei Uebermaass der normalen Beweglichkeit parallel mit sich verschoben, sondern schief gegen ihre Normalrichtung, ohne dass die freie Beweglichkeit des Gelenkes verloren zu sein braucht.

Der wahrscheinliche Einfluss anomaler Druckverhältnisse auf die Entstehung der die Veränderungsreihe der arthritis chronica sicca eröffnenden Knorpeldefecte ist schon von K. Ritter (über die chronisch deformirende Gelenkentzündung. Inaug. Diss. Göttingen 1856.) betont. Er meint aber, wie das sehr gewöhnlich angenommen wird, ein übermässiger Druck müsse für den Knorpel, wie für den Knochen, das Schädliche sein und behauptet, die Defecte fingen da an, wo der stärkste Druck sei. Es fehlen aber jede beweisende Beispiele dafür. Ich werde nun im Verlaufe gerade solche anführen (s. u. bei Ellbogen, Fussgelenk u. a.) die im Gegentheil ein Beginnen des Defects da, wo der wenigste Druck ist, erkennen lassen, und dies stimmt mit dem an luxirten Gelenkflächen regelmässigen Eintritt desselben; denn diesen ist ihre normale Compression entzogen. Ebenso zeigen die Abnahmen der Knorpelüberzüge an den verlassenen Rändern der Gelenkflächen bei Contracturen oder, was dasselbe ist mehr im Kleinen, bei der normalen Veränderung im Leben, wie sie C. Hüter (a. a. O.) beobachtet hat, ganz das Gleiche. Umgekehrt werden Knorpelüberzüge weiterhin ausgedehnt, wo sich die Knochen an den Rändern mehr aneinander drücken, z. B. an Hemmungsflächen, die viel zu fester Anschliessung kommen, oder selbst ganz neu gebildet, wo Knochenstellen in dauernden Contact kommen und auf einander drücken, die sich von vorn herein gar nicht berührten (s. z. B. u. bei den Plattfüssen).

Erster Abschnitt.

Rumpf und Kopf.

---

§. 17. Uebersicht.

Das Rumpfskelet gliedert sich in dem einfach medianen Aufbau der Wirbelsäule über der fest in sich geschlossenen Grundlage des Beckens, das die bedeutendste einfach feste Knochenmasse bildet und auch den Schwerpunkt des ganzen Körpers einschliesst, seinem Hauptstamme nach mit einer ziemlich allseitigen beschränkten aber elastisch federnden Beweglichkeit. Die Biegsamkeit der ganzen gerade aufwärts gegliederten Knochenreihe ist grösser an den beiden freien Abschnitten der Bauch- und Halswirbelsäule als an dem von dem Knochenkorbe des Thorax umschlossenen Theile. Von diesem aus entfaltet sich dagegen die selbständige, aber nicht minder nur elastisch beschränkte Beweglichkeit der Rippen und des mit ihnen verbundenen Brustbeines. Am oberen Ende der Säule folgen dagegen auf die schon mehr, aber noch nicht wesentlich anders als die unteren beweglichen Verbindungen der mittleren Halswirbel plötzlich zwei sehr vollkommen frei drehbare Gelenke, die der letzte einfache Wirbel mit dem nächst unteren und mit dem Schädel bildet, wodurch der letztere seine allseitige Drehbarkeit über der tragenden Säule des Halses erhält. Noch mehr eigenthümlich und ganz für sich bestehend ist endlich die Gelenkverbindung des Unterkiefers mit dem übrigen in sich fest verbundenen Kopfe.

Demnach gliedert sich die mechanische Betrachtung der Gelenke des Hauptstammes der festen Theile des Körpers in vier sowohl ihrer physiologischen Verwerthung als auch ihrem passiven Mechanismus nach ganz natürlich aus einander fallende Kapitel. Die Biegsamkeit der Wirbelsäule mit Ausschluss des obersten Endes, das den Kopf unmittelbar trägt, bewirkt die Biegung des ganzen Stammes in sich und wird durch eine ziemlich übereinstimmende

Verbindung analoger Syndesmosen und Gelenke zwischen je zwei Stücken vermittelt. Die Dehnbarkeit der Brust, willkürlich und unwillkürlich zur Erweiterung und Verengung des Raumes der Lungen beim Athmen und dessen verschiedenen Modificationen dienend, beruht ebenfalls auf dem Zusammenwirken vieler analog gebildeter Synarthrosen und Diarthrosen der Rippen. Die obersten Halswirbelgelenke, die zu der rein willkürlichen Umdrehung des Schädels beim Wenden des Blickes in verschiedene Richtungen dienen, sind nur ganz im Allgemeinen noch auf den Typus der Wirbelgelenke, ähnlich wie der Schädel auf den der Wirbel, zurückführbare, aber zu einer sehr feinen Construction entwickelte Diarthrosen. Der Mechanismus der Kieferbewegung endlich, der zu den verschiedenen Zwecken des Beissens und Kauens, wie des Sprechens und dergleichen bald sehr kräftig, bald sehr fein gemessen in Thätigkeit gesetzt werden kann, ist ein ausgezeichnetes Doppelgelenk. Die Betrachtungen der beiden ersten Kapitel dieses Abschnittes sind es daher, in welchen die reine mechanische Analyse der Diarthrosen noch am wenigsten genau durchzuführen ist, die beiden letzten zeigen sie schon ebenso vollkommen wie an den Gelenken der Extremitäten.

Erstes Kapitel.

Biegsamkeit der Wirbelsäule.

§. 18. Gelenke und Syndesmosen der Wirbel.

Die Elemente der Wirbelsäule sind nicht durch grosse Diarthrosen mit deutlich gesetzmässig geformten Berührungsflächen verbunden. Ihre gegenseitige Beweglichkeit ist daher nicht an einfache feste Bahnen gebunden, und hat keinen in einer bestimmten Richtung ausgiebigen scharf begrenzten und sonst ungehemmten Spielraum. Sondern sie hängen nur durch die grossen elastischen Syndesmosen der Wirbelkörper und die kleinen wenig genau congruenten Gelenke der Wirbelbogen zusammen. Daher sind Bewegungen nach mehreren Richtungen hin zwischen ihnen möglich; aber der Spielraum derselben ist nach allen Seiten ziemlich beschränkt, wenn auch meist nicht sehr scharf begrenzt, sondern mehr allmälig durch Spannung elastischer Theile geschlossen. Trotzdem

lassen sich gewisse Hauptrichtungen der Bewegung bestimmen. Denn, wenn auch eine Syndesmose oder ein Gelenk der Art, wie sie hier vorliegen, an sich nur eine allseitige beschränkte Beweglichkeit zuliesse, so bedingt doch die gegenseitige Lage der zwei Gelenke und der Syndesmose, welche zwei Wirbel verbinden, eine bedeutende Begünstigung gewisser typischer Drehungen und Ausschliessung anderer. Diesen gegenüber macht sich dann aber auch wieder die Elasticität der verbindenden Weichtheile als Bedingung des ganzen Mechanismus hemmend oder fördernd im einen oder andern Sinne nicht nur an den Grenzen des Spielraums, sondern auch beständig geltend.

Die Syndesmosen, welche die Wirbelkörper zur zusammenhängenden Wirbelsäule verbinden, sind den nahezu ebenen einander congruenten und parallelen Endflächen derselben ganz angewachsen und mit denselben in die Fortsetzung des Periostes ihrer freien Flächen und der an der ganzen Säule herunterlaufenden ligg. vertebrarum communn. eingeschlossen. Sie bestehen aus einem Gefüge von Faserknorpel, in dem sich alle Uebergänge von Knorpel zu Bindegewebe vereinigen. Die Endflächen der Wirbelkörper sind zunächst mit einer dünnen Schicht von hyalinem Knorpel überzogen, der ganz analog einem Gelenkknorpel, als Rest der Knorpelanlage des Wirbels zu betrachten ist (in dem ja auch noch kurz vor Vollendung des ganzen Knochenwachsthums eine dünne platte Epiphyse desselben entsteht). Aus ihm erhebt sich rings am Rande der ganzen Endfläche herum, den über den Rand weggehenden Bändern angrenzend, der starke straffe Faserring. Er scheint auf horizontalen und senkrechten Durchschnitten aus röhrenförmigen concentrisch in einander gestellten starken Lamellen zu bestehen. Dieselben sind aber nicht homogen, sondern enthalten eine Faserung, die nur abwechselnd in den verschiedenen Schichten bald links bald rechts sehr flach ansteigend von einem zum andern Wirbel hingespannt ist, daher dieselben abwechselnd hell und dunkel erscheinen, je nachdem das Licht gegen die Richtung auffällt, in welcher die Faserung in jeder durchschnitten ist. In der Mitte der ganzen Fläche dagegen liegt zwischen den Knorpelüberzügen der Wirbelkörper der sehr lockere weiche und elastische Kern der Syndesmose, dessen sehr hygroskopische Grundsubstanz Knorpelzellen, aber nur wenig Fasern und Lamellen enthält. Häufig finden sich auch ganz freie Spalten zwischen Theilen des Kernes. Ring und Kern sind nicht scharf von einander abgegrenzt, sondern durch

eine Zwischenstufe verbunden, wo Faserung und Knorpelzellen, Straffheit und Elasticität allmälig ab- und zunehmen. Im Ganzen aber sind sie sich mechanisch wie histologisch sehr entschieden entgegengesetzt.

Der Faserring ist ein gespanntes Band, das die Entfernung der Knochen verhindert. Der Knorpelkern ist in dem Ringe eingeschlossen und zwischen den Knochen zusammengepresst, treibt dieselben also durch seine Elasticität aus einander. Alle Fasern des Ringes widerstreben jeder Entfernung der Wirbel von einander, vordere und hintere, rechte und linke beschränken und begünstigen Neigungen der Endflächen gegen einander, wobei sich die Ränder einerseits nähern und andererseits entfernen; die links und rechts gewundenen Faserungen in den abwechselnden concentrischen Schichten widerstreben abwechselnd der Torsion im einen oder anderen Sinne; am vollständigsten aber schliesst der ganze Ring jede Bewegung aus, wobei die Ränder der Syndesmosen der Fläche nach über einander verschoben würden. Hieraus ergibt sich, dass von Seiten der Syndesmosen nur Drehungen der Wirbel zulässig sind um Achsen, welche mitten durch die Syndesmosen gehen und in beschränktem Maasse auch um horizontale Achsen, welche ziemlich in gleicher Höhe mit ihnen liegen bei übrigens beliebiger Entfernung; keine dagegen um senkrechte Achsen, die ausserhalb der Syndesmosen, und so gut wie keine um horizontale, die mehr über oder unter, als vor, hinter oder neben denselben liegen. Der Kern widerstrebt jeder Annäherung der ganzen Wirbelkörper an einander, aber nicht der Neigung ihrer Endflächen gegen einander, wobei sie sich auf der einen Seite nähern, auf der andern entfernen, da er innerhalb des vom Faserringe eingeschlossenen Raumes seine Gestalt und Lage verändern, an der einen Seite gewinnen kann, was er an der andern verliert; ist er aber erst einmal mehr nach der einen Seite verschoben, auf welcher sich die Ränder der Knochen von einander entfernen, während sie sich auf der andern gegen einander neigen, so wird das Auseinanderdrängen beider durch den elastischen Kern dieselbe Neigung nach der Seite stets noch mehr begünstigen, da er nun nicht mehr gegen die Mitte der beiden Flächen, zwischen denen er eingeklemmt ist, andrückt. Dies erklärt die leichte Zunahme Anfangs unbedeutender Skoliosen. So stehen nun die Wirbelkörper über einander auf den Kernen der Syndesmosen wie auf Sprungfedern, die sie von einander emporheben, während sie durch die Faserringe zusammen gehalten

werden, und die ganze Säule würde, abgesehen von den Gelenken, einen allseitig biegsamen und drehbaren elastischen Stab darstellen. Die Ausgiebigkeit dieser Bieg- und Drehbarkeit an den einzelnen Abschnitten hängt ab von der Höhe der Syndesmosen im Verhältniss zu der Höhe und Breite der von ihnen verbundenen Wirbelkörper, ist also bei Weitem am geringsten in der Brust, am grössten am Halse.

Die Spaltung und Faserung der Grundsubstanz in den Lamellen des Ringes erhebt sich sehr allmälig schräg ansteigend zwischen, sich in derselben Richtung länger ausziehenden zelligen Elementen aus der des auf dem Knochen aufliegenden Knorpels. Sie wird durch Torsionen der ganzen zwischen beiden Knochen eingeschlossenen und ausgespannten Blastemschicht in fast horizontaler Richtung gedehnt und zugleich auf ihn herabgedrückt. Im Widerstande gegen diesen Druck und jene Dehnung kann man auch Knorpel und Faserung sich bildend denken.

Die Gelenke, welche beiderseits eine kleine Strecke hinter den beiden Enden des hinteren Randes der Syndesmosen die Bogen der Wirbel mit einander verbinden, gehören zu den kleinen Diarthrosen, deren geringe Beweglichkeit theils durch die nur unbedeutende Krümmung, theils durch die geringe Differenz der Ausdehnung der sich berührenden Flächen bedingt ist. Sie schliessen aber nicht sehr genau, können bald hier, bald da aufklaffen, und haben demgemäss ziemlich schlaffe Kapseln mit langen Synovialfalten. In Folge dessen könnten sie an sich verschiedene Bewegungen zulassen; aber vorherrschend doch nur Drehungen um Achsen, die auf den annähernd ebenen und auf beiden Seiten nahezu nach hinten, oder nach hinten und oben sehenden Gelenkflächen senkrecht stehen, und Verschiebungen über die Fläche hin. Von letzteren sind die in horizontaler Richtung, auch abgesehen von den Syndesmosen, so gut wie ganz unmöglich. Am deutlichsten ist dies an den Bauchwirbeln, wo sich die processus mamillares so um die oberen articulares herumbiegen, dass auch an ihren einander zugekehrten Flächen die unteren des nächst oberen Wirbels mit glatter Oberfläche ziemlich fest anliegen; es finden sich aber ähnliche Hemmungen der reinen Seitenverschiebung durch Anstossen der Seitenränder der unteren Gelenkfortsätze des oberen Wirbels an Stellen neben den oberen des unteren mehr oder weniger ausgebildet auch sonst, namentlich an den obersten Brustwirbeln; und hier ist dann, wie häufig auch am unteren Theile jener sagittalen Contactflächen am Bauche, eine Krümmung der anstossenden Ränder zu erkennen, welche der Drehung um die zur übrigen Fläche senkrechte Achse der Hauptbewegung entspricht (siehe u. S. 70. Taf. II. Fig. 4.).

Wo sich aber auch dergleichen nicht findet, ist doch factisch keine reine Verschiebung der Gelenkflächen in der Richtung ihres queren Durchmessers, in dem sie sich vielmehr immer am vollständigsten an Grösse entsprechen und am festesten an den Rändern durch die Kapseln verbunden sind, ausführbar.

Daher ist gerade die bisher am meisten cultivirte Betrachtung der Wirbelgelenke, die Vergleichung ihrer verschiedenen Horizontaldurchschnitte am wenigsten fruchtbar. Das bedeutendere Herumgreifen der unteren Gelenkflächen um die oberen an den Bauchwirbeln hat seinen Grund und seine Bedeutung, wie man an dem allmäligen Uebergange der Formen sieht, nicht in einem Wechsel des Grundprincips der Gelenkconstruction, sondern nur in der verschiedenen Ausbildung der Muskelinsertionen auf den Tuberositäten. Es hindert allerdings an den Bauchwirbeln die Bewegung der Gelenkflächen von rechts nach links, die aus diesem Grunde an anderen nicht so offenbar unmöglich wäre, aber doch auch nicht vorkommt. Denn immer gehen beide Gelenkflächen zugleich gerade auf und ab, oder die eine schief auf-, die andere schief abwärts. In den gröbsten Widerspruch ist H. Meyer durch Schlüsse aus solchen Betrachtungen der Horizontaldurchschnitte auf Bewegungsmöglichkeiten mit dem, was die Beobachtung ergibt, gekommen. Denn er behauptet (physiol. Anatomie S. 59.) die Seitwärtsbeugung sei leichter zwischen den Brustwirbeln, schwerer zwischen den Bauchwirbeln möglich, da doch im Gegentheil an jedem lebenden Menschen deutlich zu sehen ist, dass gerade die Bauchwirbelsäule mit grosser Leichtigkeit sich biegt, um die Brust seitwärts gegen den Beckenrand herabzuneigen, während in dieser selbst die Reihe der Wirbel kaum irgend sichtbar gebogen wird.

Es kommen nun aber unter dem gemeinsamen Einflusse der in den Syndesmosen und Gelenken gegebenen Beschränkungen allseitiger Verschiebung zwei Hauptbewegungsarten zwischen den Wirbeln wirklich zu Stande, die zwar einigermaassen bei gewaltsamer Dehnung der Weichtheile und Aufklaffen der Gelenkflächen modificirbar, aber doch ziemlich bestimmt mit geringerer Ungenauigkeit und Behinderung ausführbar sind, nämlich 1) Drehungen um Achsen, die in der Medianebene liegen, durch den Kern der Syndesmosen gehen und auf der Fläche der Gelenkflächen senkrecht stehen, 2) Drehungen um Achsen, die auf der Medianebene senkrecht stehen, wobei die Gelenkflächen sich auf und ab verschieben. Letztere Verschiebung ist aber schon weniger genau als die bei der Drehung um die ersteren Achsen; auch sind die letzteren überhaupt ihrer Lage nach weniger fest bestimmbar. Die ersteren erscheinen also als die relativ typischen, die letzteren minder gesetzmässig.

Wie überall, wo die von der Natur festgestellten Achsen der Gelenkbewegung noch nicht gefunden waren, die Forscher willkürlich drei zu einander senkrechte angenommen haben, so auch hier. Wie man Rotation und Abduction neben der Flexion in den Fussgelenken unterschied, ehe man wusste, dass unter dem Talus nur noch Eine

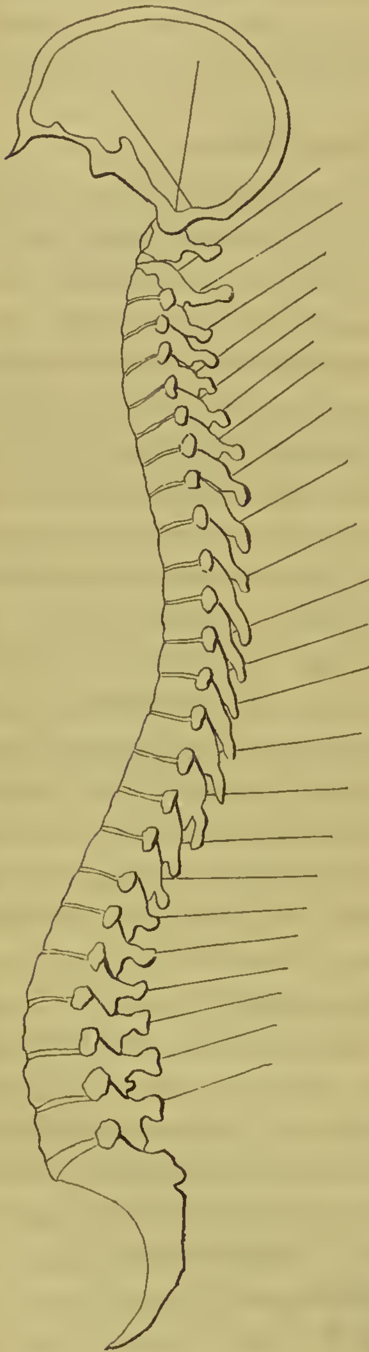
Bewegung existirt, deren Achse weder horizontal noch senkrecht, sondern schief zwischen beiden ist, so hat man auch Rotation um die Längsachse der Wirbelsäule und Neigung derselben zur Seite getrennt und untersucht wie viel von einer oder der anderen an jeder Stelle möglich ist. Man überzeugt sich aber bei Untersuchung der Stellen, wo überhaupt einigermaassen ausgiebige Bewegungen vorkommen, an frischen Präparaten leicht, dass immer nur eine von beiden Bewegungsarten, oder nur eine aus beiden gemischte, aber nicht jede für sich deutlich ausführbar ist, dass also beide nur theoretisch trennbare Componenten einer in Wahrheit einfachen Drehung um eine Achse sind.

§. 19. **Drehungen um mediane Achsen.**

Bei allen Thieren, bei denen die Beweglichkeit der Wirbelsäule zum freieren Gebrauche bei der Ortsbewegung vollkommen ausgebildet ist, bei Fischen, Schlangen, Cetaceen, ist sie eine reine Seitenbewegung, geschieht ganz ausschliesslich zwischen je zwei Wirbeln eine Drehung um eine in der Medianebene zu der Längsachse der ganzen Wirbelsäule senkrechte Achse, daher die Windungen des Schlangenleibes nur in horizontaler Richtung sich ausbreiten, die Vorderfläche des Leibes ganz am Boden bleibt, und die vielberühmte Seeschlange schon deshalb ein fabelhaftes Wesen und keine natürliche Schlange ist, weil sich nach den Beschreibungen und Abbildungen derer, die sie gesehen haben wollen, die Biegungen ihres Riesenleibes wie die Wellen des Meeres in senkrechter Richtung aus der Fläche desselben erheben sollen. Die Wirbelkörper dieser niederen Thiere sind zwar auch nicht durch Diarthrosen verbunden, sondern umfassen mit ihren durch Bänder verbundenen Rändern einen elastischen Syndesmosenkern, über dem sie sich allseitig schaukelnd auf einander bewegen lassen, aber die langen, nach hinten und vorn von ihnen ausgehenden Fortsätze und ihre Verbindungen schliessen jede beträchtliche Bewegung ausser jener einen aus. Bei den höheren Thieren, die sich mit besonderen ausgebildeten Extremitäten bewegen, ist die Richtung der Achsen schon verschiedener an den einzelnen gegen einander gebogenen Theilen der Wirbelsäule. Noch mehr bei der durch den aufrechten Gang von oben her belasteten des Menschen. Auch hier ist die Drehung um mediane Achsen die vorzugsweise typisch ausgebildete; dieselben sind aber in der Medianebene nicht, wie dort, alle rein senkrecht zu der einfach geraden Erstreckung der Wirbelsäule; sondern sie zeigen theils etwas wechselnde Neigungen ihrer vorderen oder hinteren Enden gegen einander, welche den abwechselnden Krümmungen der ganzen Säule in der Medianebene entsprechen, theils eine vom unteren zum oberen Ende der ganzen

Säule allmälig zunehmende Neigung des vorderen Endes nach unten, so dass sich mit der Neigung nach der Seite immer ein Antheil Drehung um die Längsachse der Wirbelsäule verbindet, und zwar, wenn sich ein Wirbel über dem nächst unteren nach einer Seite hinüberneigt, zugleich seine Vorderfläche nach derselben Seite herumgedreht wird. Um sich hiervon ein anschauliches Bild zu machen, thut man zunächst am besten den Erfolg da zu beobachten, wo er zum pathologischen Uebermaass gesteigert ist, bei den seitlichen Verkrümmungen der Wirbelsäule, Skoliosen, bei denen die Wirbel stets zugleich nach der Seite gedreht und geneigt sind, und zwar so, dass wenn ein Abschnitt der Säule nach links überhängt, auch die Vorderflächen seiner Wirbelkörper, verglichen mit denen, über welchen sie stehen, nach links hinsehen und umgekehrt, dass also, wo Biegungen nach beiden Seiten wechseln, die Körper der verschiedenen Abschnitte sich immer nach der convexen Seite derselben hinwenden (Vgl. Taf. I.). Diese auch schon normaler Weise constante Combination der bisher unterschiedenen Neigung oder Biegung und Drehung oder Torsion der Wirbel nach derselben Seite, will ich allgemein als Seitenbewegung nach links oder rechts bezeichnen.

Fig. 17.



Um nun die Lage der medianen Achsen für die einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule etwas näher zu bestimmen, genügt es, auf die schon besprochenen Bedingungen derselben zurückzugehen, welche in den Syndesmosen und Gelenken gegeben sind. Die Achse einer relativ freien Bewegung muss mitten durch den Kern der Syndesmosen gehen

und auf der annähernd ebenen Berührungsfläche der Gelenke senkrecht stehen. Es genügt also zur Bestimmung derselben an allen Verbindungsstellen der einzelnen Wirbel, dass man in einer Profilansicht Linien mitten durch die Syndesmosen und senkrecht zu dem Sagittalschnitte der Gelenke oder dessen Fortsetzung zieht.

An den Bauchwirbeln stehen die Sagittalschnitte der Gelenkflächen noch beinahe senkrecht zu den Endflächen der Wirbelkörper (vgl. Taf. II. Fig. 1.). Wenn sie sich also auf der einen Seite auf-, auf der anderen abwärts über einander verschieben, so dreht sich der bewegte Wirbel über dem stillstehenden um eine Achse, die aus der Syndesmose gerade nach hinten zwischen beiden Gelenken durchgeht und nur insofern von der rein sagittalen Richtung abweicht, als die Endflächen der Wirbelkörper und ihrer Syndesmosen am Bauche selbst nicht horizontal, sondern namentlich die unteren nach vorn, die oberen ein wenig nach hinten geneigt liegen. Die Seitenbewegung der Bauchwirbelsäule ist also so gut wie ganz rein eine Neigung nach der Seite und nur an den untersten Gelenken, namentlich zwischen dem letzten und dem Kreuzbein, wo die Gelenkflächen etwas wie an der Brust der schiefen Richtung sich nähern, ist auch etwas Drehung zugleich bemerkbar. An den seitlichen sagittalen Streifen, mit denen die oberen Gelenkflächen des unteren Wirbels die unteren des oberen umfassen (vgl. Taf. II. Fig. 2.), würde diese Bewegung ein fast absolutes Hinderniss finden, wenn sie vollkommen congruent schlössen und senkrecht abfielen; aber sie sind theils etwas lose verbunden, theils am unteren Ende häufig ein wenig im Sinne der Drehung um ein in der Mitte zwischen ihnen liegendes Centrum abgerundet, so dass sich der diagonal vom oberen Ende des einen zum unteren des anderen Gelenkfortsatzes am oberen Wirbel gezogene Durchmesser der queren Stellung zwischen denen des unteren nähern kann, wobei natürlich die Berührung, wenn der obere Wirbel nach rechts geneigt wird, rechts unten und links oben gelockert, links unten und rechts oben dagegen fester angeklemmt wird. Am oberen Rande des Gelenks der Seite, nach welcher die Biegung geschieht, tritt dann auch die abschliessende Hemmungsberührung ein. Hier entsteht auch bei seitlicher Contractur der bedeutendste Substanzverlust des Knochens, so dass dann am unteren Wirbel, wie an den Brustwirbeln, die Muskelinsertionsspitze des proc. mamillaris von dem übrig bleibenden rein frontalen Rest der Gelenkfläche durch einen tiefen Einschnitt getrennt wird und sich um den unteren Gelenkfortsatz des oberen

Wirbels nach hinten und oben herumbiegt. Ausserdem wird aber für die ganze Bauchwirbelsäule die Seitenbewegung durch das Anstossen der Rippen an den Beckenrand auf ein ziemlich festes Maass beschränkt.

An den Brustwirbeln werden die Sagittalschnitte der Gelenkflächen von unten nach oben allmälig mehr und mehr mit dem oberen Ende nach vorn geneigt. Die Achse der Bewegung, bei welcher sie sich über einander einerseits auf-, andererseits abwärts verschieben, wird also mehr und mehr mit dem hinteren Ende nach oben gerichtet (vgl. Taf. II. Fig. 3.), es kommt zu der Neigung nach der Seite mehr und mehr die zweite Componente der Seitenbewegung, die Drehung der Vorderfläche nach derselben Seite. Ueberhaupt wird nun freilich vom Bauchende aufwärts die Beweglichkeit bald fast verschwindend gering, so dass ihre Richtung fast nur aus Analogie der Form, entsprechend den oberen und unteren Abschnitten construirbar ist, und erst in den oberen Wirbeln wieder ausgiebiger und damit deutlicher. Nimmt man die obersten Brustwirbel mit Stücken der Rippen daran in die Hand und drückt die letzteren abwechselnd zur Rechten und zur Linken gegen einander, macht also seitliche Neigung der Wirbel über einander, so sieht man deutlich zugleich die Dornfortsätze sich horizontal über einander herumbewegen, also Drehung von selbst hinzukommen. Die Achse der Bewegung geht nicht mehr zwischen den beiden Gelenken durch, sondern vom Kern der Syndesmose aus ansteigend über ihnen weg. Dies ist deutlich an der Krümmung der Ränder zu erkennen, die hier ähnlich wie an den Bauchwirbeln den unteren lateralen Umfang der Gelenkflächen umfassen und sich an der Bewegung schleifend betheiligen (vgl. Taf. II. Fig. 4.). Ihr Mittelpunkt liegt eine ganze Strecke aufwärts von den oberen Rändern der Gelenkflächen. Zuweilen scheinen sich auch die letzteren aus der Ebene jenes Randes als Stücke eines ganz flachen Kegels mit der Spitze nach hinten zu erheben. Die Hemmung liegt auch hier zum Theil in Berührung der oberen Ränder des Gelenkes der Seite, nach welcher die Wirbel sich gegen einander hinbewegen. Ausserdem ist sie aber hauptsächlich durch die niedrigen Syndesmosen und durch Rippen und Brustbein eine so sehr beschränkte.

An den Halswirbeln nähern sich die Sagittalschnitte der Gelenkflächen mehr und mehr der horizontalen Richtung, die Achsen, um welche sie sich drehen, wenn der eine Gelenkfortsatz gegen das obere vordere, der andere gegen das untere hintere Ende hin

verschoben wird, nähern sich also mehr und mehr der senkrechten, indem sich das hintere Ende nach oben richtet (vgl. Taf. II. Fig. 5.). Es kommt bei dem natürlichsten und leichtesten Gange des Gelenks mehr und mehr Drehung der bewegten Wirbel zu ihrer Neigung nach derselben Seite hinzu. Zugleich wird aber hier der ganze Spielraum der Seitenbewegung viel beträchtlicher und auch die Veränderlichkeit ihrer Richtung durch gewaltsame grössere Begünstigung der einen oder anderen Componente etwas erleichtert. Denn nicht nur sind die Syndesmosen bedeutend elastischer und schlaffer als an den unteren Abschnitten, sondern die Gelenke können auch abwechselnd bei verschiedenen Stellungen mehr oder weniger klaffen, schliessen schon bei der typischen Seitenbewegung nie überall gleichmässig und lassen daher auch noch etwas stärkeres Abweichen von der durch ihre Lage bedingten Bahn derselben zu. Immer bleiben aber reine Drehungen um sagittale oder senkrechte Achsen auf ein geringes und nur mit Anstrengung ausführbares Wackeln beschränkt, während die Verbindung beider, wobei die Vorderfläche der Körper sich nach derselben Seite dreht, nach welcher die Säule hingebogen wird, einen beträchtlichen Ausschlag geben. Sie werden nur mässig durch die Spannung der Syndesmose beschränkt und finden ihre schliessliche Hemmung, wie an Bauch und Brust, am oberen Rande der Gelenke der Seite, nach welcher gedreht wird. Wie die Drehungen dieser Gelenke mit den beiden obersten noch freier beweglichen, die ganz anders gebaut sind, bei der Bewegung des Kopfes zusammenwirken, wird im dritten Kapitel besonders gezeigt. Hier ist nur vorläufig zu erwähnen, dass die medianen Achsen der typischen Bewegung für die beiden Gelenke nächst unter dem Kopfe, entsprechend der Knickung der Wirbelsäule in die Schädelbasis hinein, ihre bisher von unten nach oben verfolgte Richtungsänderung so plötzlich gesteigert zeigen, dass die eine ganz gerade senkrecht steht, die letzte sogar mit dem oberen Ende nach vorn sieht.

Die Contracturen, in welchen die typische Bewegung der Wirbel um mediane Achsen, die Seitenbewegung, welche Drehung und Neigung je eines Wirbels über dem anderen nach derselben Seite einschliesst, können zu ganz enormen Steigerungen dieser verbundenen Biegung und Torsion der ganzen Säule führen, obgleich der normale Spielraum derselben ein ziemlich geringer ist. Die Verschiebung der Gelenkflächen über einander ist bald zu Ende und schreitet auch durch Schwund der Ränder nur wenig fort; die

Syndesmosen bleiben immer gerade über einander. Aber die Formveränderung der Knochen, insbesondere von den Endflächen der Wirbelkörper aus ist sehr bedeutend. Wenn der Kern der Syndesmose durch Vorwiegen einer einseitigen Schiefstellung einmal bleibend aus dem Centrum des Zwischenraumes zwischen ihnen entfernt ist, lockert sich ihre Verbindung an der Seite, nach welcher er ausgewichen ist, immer mehr; auf der anderen aber drücken sich dann die Knochenflächen und weichen dadurch zurück. Um zu ermessen, wie bedeutende Veränderungen einzelner Knochen und Gelenke in einem Skelete mit bedeutender Skoliose vorliegen, während äusserlich der Rumpf nur etwas im Ganzen verkürzt, sonst aber ziemlich normal umschrieben aussieht (vgl. Taf. I.), muss man sich nur einmal vorstellen wie ein Paar Rippen mit seiner Brustbeininsertion liegen müsste, wenn der Wirbel, der es trägt, in der Höhe der Convexität der Krümmung nach einer Seite hin liegt, folglich nach derselben Seite gedreht ist, und wenn die Rippen von ihm noch unverändert nach vorn ausgingen. Bei dem auf Taf. I. abgebildeten Skelete würden der 7. und 8. Ring des Thorax von den Wirbeln aus so nach der rechten Seite herumliegen, dass der Arm etwa mitten durch ihre Oeffnung herabhinge, wenn sie nicht selbst stark nach links gebogen wären.

§. 20. **Drehungen um quere Achsen.**

Unter diesem Namen fasse ich alle Bewegungen der Wirbel zusammen, bei denen sich ihre Medianebenen nicht gegen einander verschieben, die Bewegungsbahnen aller Punkte in sagittalen Ebenen liegen. Es lassen sich zwar zwei Hauptarten derselben unterscheiden, von denen die eine kaum unter diese Bezeichnung passt; sie sind aber durch alle möglichen Uebergänge verbunden und der Mechanismus, durch den sie zu Stande kommen, ist immer wesentlich derselbe. Es geschieht nämlich hauptsächlich entweder eine Drehung um Queraxen die mehr oder weniger hinter den Kernen der Syndesmosen, aber noch vor den Gelenken liegen; dies ist die Beugung und Streckung der Wirbelsäule. Oder aber es werden die ganzen Wirbel bei stärkerer oder schwächerer Belastung von oben in beinahe gerade senkrechter Richtung auf- und abgeschoben. Das eine Mal gehen also die Gelenkflächen aufwärts, wenn die Syndesmosenkerne niedergedrückt werden, das andere Mal gleichfalls abwärts. Da sich aber hiermit fast immer kleine Veränderungen in der Biegung der ganzen Säule durch stärkeres oder geringeres

Sinken oder Steigen der Körper oder Bogen, und zwar meist Beugung mit Niederdrückung und umgekehrt verbindet, so kann man sie auch gleichfalls als Drehungen um quere Achsen auffassen, die nur weit entfernt und dann meist hinter Gelenken und Syndesmosen, im Falle ganz reiner Hebung oder Senkung aber unendlich weit weg liegen. Immer beruht die Möglichkeit derartiger Bewegungen auf Dehnung oder Compression der Syndesmosen und paralleler Verschiebung der Gelenkflächen auf beiden Seiten nach oben oder nach unten.

Für alle hieher gehörigen Arten der Bewegung, besonders die reine Beugung und Streckung, ist der Ausschlag vorzugsweise von der individuell und noch stärker an den einzelnen Abschnitten der Wirbelsäule verschiedenen Höhe und Elasticität der Syndesmosen abhängig, daher an der Brust fast gleich Null. Wenn die Syndesmosen beträchtlich schlaff und elastisch sind, können sich auch ihre Ränder etwas über einander vor- und rückwärts verschieben. Daher kann am Halse die quere Drehungsachse zuweilen auch etwas unter der Syndesmose liegen, indem der obere Wirbel sich über dem unteren entsprechend der nach oben schwach convexen Krümmung ihrer Endflächen von hinten nach vorn annähernd wie eine Pfanne über dem Gelenkkopfe verschiebt. Die Gelenkflächen können sich auch bei diesen Bewegungen häufig annähernd genau gleitend über einander schieben. So am Bauche, wo ihr Sagittalschnitt senkrecht ist, beim reinen Auf- und Niedersteigen; am Halse, wo sie vorwärts ansteigen, bei der eben beschriebenen Beugung und Streckung mit vor- und abwärts von ihnen im Körper des unteren Wirbels liegender Achse. Es können aber auch beiderseitige Aufklaffungen der Gelenkflächen, sowohl bei starker Niederdrückung als bei Zurückdrängung des oberen Wirbels vorkommen; und zwar auch dies ganz besonders am Halse, wo demnach alle Bewegungen weitaus am freisten sind. Hieraus ergibt sich auch schon, dass selbst bei den typischeren Bewegungen um mediane Achsen das genaue Schleifen keineswegs immer stattfindet, von dem ausgehend man ihre regelmässigen Bahnen construiren kann, da sie von jeder gebeugten, gestreckten oder zusammengeschobenen Stellung aus beginnen können.

In dem theilweisen hin und her Verschieben der Syndesmosenflächen des oberen Wirbels über dem unteren, der von hinten nach vorn schwach convex gekrümmt, von rechts nach links zwischen den emporgebogenen Seitenrändern etwas vertieft ist, kann man die Andeutung eines Ueberganges von der schlaffen Syndesmose zu dem ungenau

schliessenden Contacte des sattelförmigen Gelenkes erblicken. Letzteres kommt wirklich an Stelle ersterer vor an den langen Halswirbelsäulen vieler Vögel und stellt hier den Typus der Beweglichkeit zwischen zwei Wirbeln um eine mediane und eine quere Achse am vollkommensten dar. Die erstere liegt im oberen Wirbel, die letztere im unteren; die Convexität der Krümmung von rechts zu links sieht nach unten, die von hinten zu vorn nach oben. Bei den langen Hälsen von Säugethieren dagegen, wie Pferde, Giraffen etc., sind die oberen Endflächen des unteren Wirbelkörpers allseitig, etwa kugelig, convex.

Ausser der grossen Veränderlichkeit, welche die Drehung um quere Achsen in Betreff der Lage der letzteren, auf Grund der elastischen Bedingungen ihres Zustandekommens zeigt, ist sie es nun auch, die eben deshalb am entschiedensten beständig unter dem federnden Einflusse elastischer Kräfte steht. Die Kerne der Syndesmosen widerstreben der Niederdrückung mit und ohne Vornüberbeugung; letzterer ebensosehr die gelben Bänder, deren Elasticität die Bogen der Wirbel gegen einander zieht, während die der Syndesmosenkerne die Körper aus einander treibt. Beide helfen also beständig, der Belastung, welche die oberen Theile vor- und niederdrückt, entgegen wirkend, die ganze Säule des Rumpfes aufrecht oder relativ hintenüber gestreckt erhalten. Die mittlere Gleichgewichtslage dieser elastischen Kräfte und der Belastung mit dem beide abwechselnd unterstützenden Spiele der Muskeln bei verschiedenen Bewegungen bedingt die gewöhnliche Haltung der ganzen Wirbelsäule, welche nach dem Grade der Flüssigkeitsattraction und des davon abhängenden Ausdehnungsbestrebens der weichen Masse in den Syndesmosenkernen zeitlich und individuell sehr verschieden ist.

Am kindlichen Skelete sind die Krümmungen der Wirbelsäule noch sehr unbedeutend, wie das in der Natur der Sache liegt, da sie sich erst durch die Belastung beim aufrechten Stehen und Gehen ausbilden. Im erwachsenen normalen Zustande ist das Profil der Vorderfläche der Wirbelkörpersäule in der Brust schwach concav, am Hals schwach, am Bauch stark convex nach vorn. Der Uebergang der Krümmung des Halses in die der Brust ist ziemlich plötzlich, der von der Brust zum Bauche ziemlich allmälig. Genau genommen ist also die Bewegung hintenüber, die man als Streckung bezeichnet, für Hals und Bauch vielmehr eine Steigerung der mittleren Biegung ihres Profiles, und gerade in diesen beiden nach vorn convexen Stücken ist sie überhaupt am stärksten ausführbar. Im Ganzen ist der Spielraum der Beugung und Streckung etwa ein rechter Winkel in der ganzen Säule zusammen. Im höheren Alter nimmt er ab und auch die mittlere Haltung ändert sich. Die

Syndesmosen werden weniger turgescent; die Stellung der Wirbel über einandert nähert sich dann in allen Abschnitten der Beugung. Dasselbe kommt bei schlaffer Constitution auch schon in der Jugend vor, da ein Mangel in der mittleren Wirkung der Streckmuskeln auch die Wirbelkörper allmälig mehr auf einander sinken lassen muss. Die ganze Wirbelsäule hat dann eine vorherrschende Biegung nach vorn. Um Kopf und Brust dann dennoch aufrecht zu tragen, werden beide zunächst angrenzende, frei um Querachsen drehbare Gelenke stark hintenüber gestreckt, der Kopf in der Verbindung mit dem Atlas und der ganze Rumpf in der Hüfte. Der Hinterkopf macht eine starke Einknickung mit dem vorwärts schiefen Nacken, das Unterkinn mit dem Halse einen stumpfen Winkel und das Becken wird schwach geneigt. Hierauf ist bei der Hüfte zurück zu kommen.

Die normale Krümmung der Wirbelsäule des Erwachsenen beim ruhigen aufrechten Stehen ist erst nach und nach erkannt worden. Früher dachte man sich die mittlere Lage der Wirbel über einander viel mehr wie in Beugung, die Convexität des Halses und Bauches viel schwächer; dem entsprechend musste dann, da das Ganze doch gerade auf stehen soll, das Becken als, wie es bei vorgebeugten Wirbelsäulen ist, in der Hüfte zurückgelehnt (mit zu schwacher Neigung) vorgestellt werden. In der Darstellung eines Mediandurchschnittes der Wirbelsäule, welche die Mechanik der Gehwerkzeuge von W. und Ed. Weber enthält, wurde dies zuerst berichtigt. Vollständiger noch durch die Untersuchungen von H. Meyer und Horner (Müllers Archiv 1854 S. 478), welche die Krümmung noch mehr nach hinten und die Haltung des Beckens über der Hüfte dem entsprechend vornüber geneigt fanden. Die Fig. 17. drückt die von ihnen gefundene Normalhaltung aus. Indess dürfte sie doch wohl schwerlich auch ganz als mittlere aller gewöhnlichen gesunden Menschen anzusehen sein. Denn die lebenden Versuchspersonen, an denen die Bestimmungen zum Theil gemacht sind, werden sich wohl zu diesem Zwecke etwas ausgezeichnet stramm gestellt haben. Jedenfalls ist sie auch bei verschiedenen Personen sehr verschieden.

Die abnormen Steigerungen vermehrter Beugung und Streckung ergeben die mehr oder weniger allgemeinen oder dicht über einander abwechselnden Contracturen der Kyphose und Lordose. Die Wirbelkörper und Syndesmosen sind dabei von oben nach unten bedeutend verkürzt oder verlängert und nach vorn oder hinten verjüngt, die Wirbelbogen mit ihren Gelenken aus einander gezogen oder dicht auf einander gepresst, oft anchylosirt.

Schliesslich ist die Beweglichkeit nur um eine Querachse zu erwähnen, welche das Steissbein hat, wenn es nicht mit dem Kreuzbein verknöchert ist. Die Syndesmose nähert sich oft der Bildung eines Gelenkes, indem sie eine glatte Spalte und deutliche Krümmung der einander deckenden Flächen zeigt, deren Centrum im

Kreuzbein liegt (vgl. Taf. II. Fig. 6.). Die Bandverbindungen der cornua liegen etwa in dieser Querachse und hemmen jede andere Bewegung.

Zweites Kapitel.

Dehnbarkeit des Brustkastens.

§. 21. Rippengelenke und Rippenknorpel.

Der Mechanismus der Bewegungen, durch welche der Brustkasten bei starken Respirationsbewegungen gedehnt oder zusammengelegt werden kann, ist, wie die Beweglichkeit der Wirbelsäule, nicht durch einzelne grosse Gelenke mit grossen scharf bestimmten Drehungsbahnen bedingt, sondern durch eine Verbindung vieler kleiner an sich nicht sehr fester Amphiarthrosen, in deren Gang zugleich die Elasticität mehrerer Zwischenglieder mitbestimmend eingreift, indem sie zu den Bewegungsmöglichkeiten der Gelenke noch andere Verschiebungen gestattet, dieselben aber auch zugleich federnd beeinflusst. Jedes einzelne Element hat nur eine annähernd bestimmbare Einwirkung auf die Beweglichkeit der verbundenen Theile; aber aus allen zusammen resultirt eine regelmässige Verschiebung des ganzen vielgliedrigen Systems, bei der den einzelnen Theilen nur geringe Abweichungen möglich sind. Ein Paar Rippen, das hinten an einem Wirbel und vorn am Brustbein eingelenkt ist, bildet zunächst mit diesen einen Ring, in dem sich die Bewegungen der einzelnen Verbindungsstellen gegenseitig so bedingen, dass sie sich immer zu einer einfachen gemeinsamen verbinden und diese muss wieder in allen über einander liegenden Ringen gemeinsam erfolgen, weil die Brustwirbelsäule so gut wie ganz unbiegsam ist und das Brustbein ein einfaches fast vollkommen festes Stück darstellt, obgleich auch die Verbindung des Handgriffes mit dem Körper fast immer eine etwas biegsame Syndesmose bleibt. Nur die unteren Rippen, welche an der Wirbelsäule wackeliger als die oberen eingelenkt und mit dem Brustbeine wenig oder gar nicht zusammenhängen, sind nur lose an die gemeinsame Bewegung gebunden.

Das einfache Element des Thorax, ein Ring von einem Paar Rippen, die ein Stück des Brustbeines mit einer Stelle der Wirbel-

säule verbinden, genügt um den Typus der Bewegung, die sie alle zusammen machen, der Hauptsache nach zu analysiren. Zwischen den einzelnen sind nur geringe Differenzen noch zu berücksichtigen. Das wichtigste, weil relativ festeste und deutlich bestimmbarste Glied in der Verbindung der Theile eines solchen Ringes ist das doppelte Gelenk, durch welches jede Rippe an einem, oder genau genommen an zwei Wirbeln angeheftet ist. Hier lässt sich eine namentlich für die oberen Abschnitte des Thorax ziemlich bestimmte Bewegungsbahn der einzelnen Rippe gegen die Wirbelsäule erkennen. Sie ist nicht dieselbe für die linke und rechte Rippe desselben Paares. Wenn sie daher gleichwohl zusammen bewegt werden, muss die Differenz der Bewegung beider, denen das Brustbein nicht zugleich folgen kann, in den Gelenken ausgeglichen werden, welche die vorderen Enden der Rippen mit dem Rande des Brustbeines bilden; wo aber auch diese Hülfsbewegung nicht mehr ausreicht, tritt die Torsions- und besonders Compressionsfähigkeit der langen Knorpelstücke, die gewissermaassen als ungeheuer hohe Gelenkknorpel vorn an dem Knochen der Rippe ansitzen, ergänzend ein, und diese ihre Function erklärt es auch, dass sie nicht wie andere Epiphysen schliesslich durch Fortsetzung des Knochens an ihre Stelle ersetzt werden. Um nun eine klare Uebersicht des ganzen Mechanismus zu erhalten, ist es am passendsten zuerst die Drehung, welche eine Rippe an der Wirbelsäule machen kann, an sich genau zu bestimmen und dann den Effect derselben in die drei Componenten zu zerlegen, von denen die erste beiden Rippen desselben Paares gemeinsam ist, daher auch möglich wäre, wenn dieselben fest verbunden wären, der also das Brustbein einfach folgen kann; die zweite auch in dem Gelenke der Rippe mit dem Brustbein möglich und dadurch ohne Störung des Zusammenhanges in dem ganzen Ringe zulässig ist; die dritte endlich die Elasticität der Rippenknorpel in Anspruch nimmt und also das Federn der Thoraringe bedingen muss.

§. 22. **Achsen der Drehung jeder Rippe.**

Jedes der beiden kleinen Gelenke, durch welche die Rippe an der Wirbelsäule angeheftet ist, würde für sich allein ein beinahe allseitig gleich freies Wackeln gestatten. Besonders die Befestigung des Rippenköpfchens ist beinahe eine reine lockere Syndesmose. Dasselbe ist mit Ausnahme der obersten und untersten Rippe, die einfache kleine Gelenke am Körper der entsprechenden Brustwirbel

haben, an einem faserigen Ausläufer des Randes einer Wirbelsyndesmose direct angewachsen und liegt nur ober- und unterhalb von dieser Aufhängung den Rändern der beiden angrenzenden Wirbelkörper mit kleinen Gelenkflächen lose an. Vermöge dieser Verbindung allein also würde die Rippe eine allseitige Drehbarkeit um den Anheftungspunkt ihres Köpfchens an der Syndesmose haben, und die um horizontale, durch denselben gehende Achsen kaum bevorzugt sein. Das Gelenk des tuberculum costae mit dem Querfortsatze des unteren der beiden Wirbel, welchen das capitulum anliegt, ist schon etwas fester und freier, schliessend und schleifend; es zeigt zuweilen eine deutliche Flächenkrümmung in der Richtung von oben nach unten, deren Achse im Rippenhalse liegt. Indessen wäre auch hier eine mehr oder weniger allseitige Drehung um wenig vom Gelenke selbst entfernte Punkte zulässig, wenn dies die einzige Verbindung wäre. Da aber dies Gelenk und jene Bandanheftung zusammen die Beweglichkeit der Rippe bedingen und beinahe einen Zoll von einander entfernt sind, so kommt nur die Drehung um eine ziemlich bestimmte sie verbindende Achse zu Stande. Sie geht durch die Spitze des Köpfchens und bei deutlich entwickelter Krümmung im hinteren Gelenke durch die Dicke des tuberculum, sonst durch das Gelenk, entspricht also im Allgemeinen der Längsrichtung des Rippenhalses, und liegt demnach etwa horizontal von vorn nach hinten und der Seite. Dem entsprechend kann man Stifte in die Rippe stecken, die bei einer namentlich am oberen Theile der Brust ziemlich genau bestimmbaren Richtung vollkommen still stehen, wenn man die vom Brustbeine getrennte Rippe ohne gewaltsame Einwirkung auf den Gang der Bewegung einfach hebt; und auch bei frischen, noch im vollen Zusammenhange beider Seiten geschlossenen Ringen von Rippen und Brustbein zeigen sie sich ziemlich rein ebenso als die stillstehenden Drehungsachsen der Rippenhebung bei Dehnung des Thorax. Jeder Punkt an einer Rippe bewegt sich also bei Hebung und Senkung bogenförmig auf und ab in einer mit der Medianebene nach hinten convergirenden Ebene.

An der ersten Rippe ist die Achse ihres Halses, um welche sie sich am Wirbel drehen kann, am meisten annähernd quer gerichtet, da am ersten Wirbel der Querfortsatz am reinsten nach der Seite gerichtet steht; und doch sieht auch hier schon das aus dem tuberculum austretende Ende der Achse fast eben so sehr nach hinten als nach der Seite, die der linken und rechten schliessen

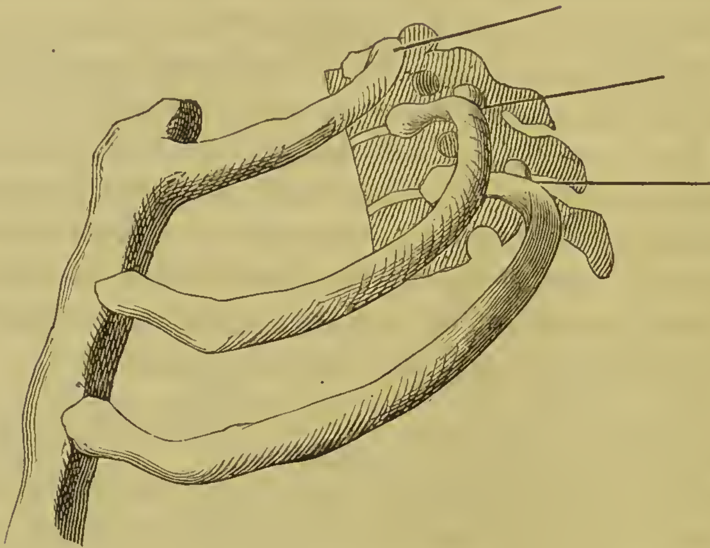
einen nur wenig stumpfen Winkel ein. An der zweiten überwiegt bereits die Richtung nach hinten die nach der Seite, da der Querfortsatz des Wirbels selbst nach der Seite und nach hinten vom Anfangstheile des Bogens absteht; die Achsen der linken und rechten schliessen schon einen etwas spitzen Winkel ein (vgl. Taf. II. Fig. 7.). Weiter nach unten nimmt dies überwiegende Hinneigen der Achse von der queren zur sagittalen Richtung noch etwas zu. Unter der Mitte des ganzen Rumpfes aber wird ihre Richtung überhaupt allmälig weniger genau bestimmbar, weil die Gelenkverbindung am Querfortsatze immer loser wird und zuletzt ganz wegfällt. Hier werden also mehr und mehr verschiedene Bewegungen um fast rein quere oder sagittale und auch aufwärts gerichtete Achsen möglich, die durch das capitulum costae gehen.

Dass die Achse, um welche an und für sich jede Rippe vorzugsweise nur gedreht werden kann, entsprechend der Länge des Halses schief von der Seite und hinten nach der Mitte und vorn gerichtet ist, ist bereits von H. Meyer ausgesprochen und gleichzeitig von Helmholtz (Sitzungsbericht der niederrhein. Gesellsch. zu Bonn. 1856. S. LXX.) als Ausgangspunkt einer Betrachtung über den Rippenmechanismus aufgestellt worden. Damit war überhaupt erst eine brauchbare Grundlage für die Auffassung der Thoraxbewegung gegeben und eine Menge früherer Betrachtungen über diesen Gegenstand fällt damit als vollkommen haltlos weg, wie z. B. das bekannte Hamberger'sche Schema zur Erklärung der Wirkung der innern und äussern mm. intercostales, welches eine quere Achse voraussetzt, oder die Versuche von L. Fick und Cöster über die des m. serratus, die von einer sagittalen ausgehen. Nähere Bestimmungen über ihre schiefe Richtung zwischen beiden hat Meissner (Jahresbericht für 1856. S. 486) gegeben. Danach betrug die Neigung einer die Mitte beider Gelenkflächen verbindenden geraden Linie gegen die Frontalebene für die erste Rippe 36^0, für die zweite 56^0, für die dritte 64^0, für die siebente 72^0. Ich habe die Achsen durch eingesteckte Stifte bestimmt, die bei freier Hebung des vorderen Theiles der Rippe vom Brustbein getrennt stillstehen. Die der linken und rechten, ersten schlossen einen Winkel von 95^0, die der zweiten von 70^0 ein (vgl. Taf. II. Fig. 7.). Bei erhaltener Verbindung beider mit dem Brustbein sind die Bestimmungen nicht so leicht genau zu machen, geben aber im Ganzen kein wesentlich verschiedenes Resultat.

Von der horizontalen Richtung weichen die Drehungsachsen der Rippen, so weit sie genau bestimmbar sind, wenig ab. Nur die obersten sind mit dem hinteren Ende auch etwas nach oben gerichtet. Die Ebene also, in welcher linke und rechte liegen, liegt nach vorn etwas abschüssig, aber noch nicht so viel, wie bei ruhiger Haltung die das hintere und vordere Ende des Paares verbindende Linie oder Ebene der Oeffnung des Ringes. Das vordere Ende der Rippen liegt also gewöhnlich unter der Ebene der beiden Drehungsachsen des Ringes, zu dem sie gehören, und nur an den

obersten Ringen kann es sich bei starker Inspiration bis zu ihr oder selbst darüber erheben.

Fig. 18.



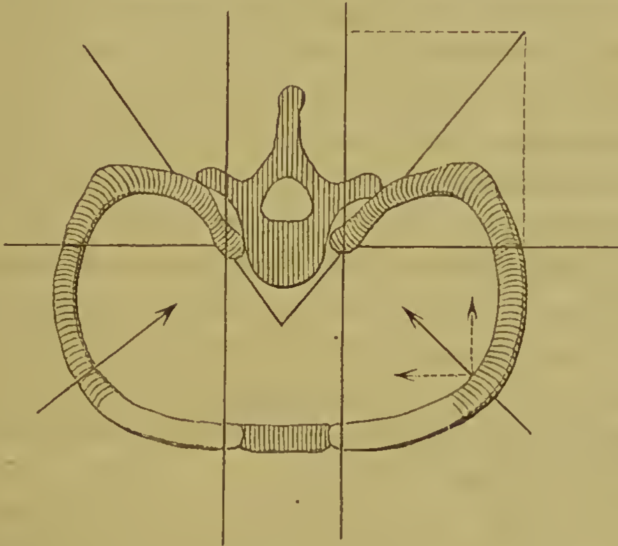
§. 23. **Die verschiedenen Effecte der einfachen Rippenbewegung.**

Um zunächst die zwei Haupteffecte zu erhalten, welche aus der Drehung der Rippen um die gefundenen Achsen gleichzeitig resultiren, bedienen wir uns der für kleine Ausschläge nahezu erschöpfenden Zerlegung derselben in zwei um zwei Achsen, welche mit jenen in Einer Ebene liegen und sie, wie die zwei Componenten des Kräfteparallelogrammes ihre Resultante, als Diagonale zwischen sich einschliessen. Machen wir diese Zerlegung in der durch die linke und rechte Achse desselben Thoraxringes bestimmten nahezu horizontalen Ebene und legen die Achsen der Drehungscomponenten durch das capitulum der Rippe einer jeden Seite, so erhalten wir aus der Drehung um die zwischen querer und sagittaler Richtung diagonale Achse eine Drehung um die Querachse, die für linke und rechte Rippe dieselbe ist und welche die gemeinsame Hebung beider und des Brustbeins ergibt, und eine um die sagittale, die für beide in entgegenkommender Richtung erfolgt und die Hebung jeder Rippe für sich ergibt. Hieran schliesst sich dann die Aufsuchung der dritten Componente, welche die Annäherung oder Entfernung der Rippen vom Brustbein ergibt und das Federn der Ringe bedingt, als Correction an.

Die Unterscheidung der Hebung der Rippen mit dem Brustbeine durch Drehung um Querachsen und für sich durch die um sagittale hat zuerst E. H. Weber (Verh. d. Ges. d. W. zu Leipzig 1850. S. 114.) gemacht. Er fand beim Seehunde beide unabhängig neben einander ausführbar. Beim Menschen fand er die besondere Hebung der Rippe von der Medianebene ab sehr behindert. Sie ist auch für sich allein nicht ausführbar ohne gewaltsame Biegung, begleitet aber ganz constant die Hebung, welcher das Brustbein folgt; eine reine Drehung um Querachsen kommt eben so wenig vor. Daselbst spricht Weber auch zuerst von einem Federn der Rippen.

I. Die Hebung des Brustbeines nach oben und vorn von der Wirbelsäule ab ist der gemeinsame Haupteffect der Hebung aller wahren Rippen durch Drehung um die Achsen ihres Halses und entspricht den Antheilen derselben, welche um die je einer

Fig. 19.



rechten und linken gemeinsame Querachse erfolgend zu denken sind. Diese sind es also, von denen die Nothwendigkeit des gemeinsamen Erfolgens der Drehung der Rippen um ihre Achsen abhängt, die dann die anderen Antheile nothwendig auch beschliesst. Denn das Brustbein kann nur so als ein festes Ganzes der Bewegung folgen. Genau genommen ist zwar auch dieser Theil der Rippendrehungen nur für beide Seiten desselben Ringes, aber nicht für die über einander liegenden Ringe ganz derselbe, da auch ihre Achsen über einander liegen; aber die dadurch bedingte Differenz der Drehungsrichtung für die höheren und tieferen Theile des Brustbeins gleicht sich sehr leicht durch eine geringe Torsion der Rippenknorpel aus. Jeder Ring hebt sich, indem er sich um die quere Achse seiner beiden Rippenköpfchen dreht, und da diese bei

allen und namentlich bei den mittleren, den unteren Theil des Brustbeins tragenden, höher liegt als ihre Befestigung an diesem, so ist auch die Hebung immer noch mit Entfernung von der Wirbelsäule verbunden. Daher nimmt also der Raum des Thorax bei Hebung aller Rippen im Durchmesser von hinten nach vorn zu, während er sich zugleich von der Bauchhöhle abhebt und dadurch um so mehr eine Abflachung des Zwerchfelles zulässt, durch die dann die Lungen auch im senkrechten Durchmesser an Raum gewinnen.

Da der Abstand der Befestigung der Rippen am Brustbein von der Achse ihrer Drehung im ersten Ringe beträchtlich kleiner ist als im zweiten und in den folgenden noch etwas zunehmend grösser, so muss der Ausschlag der auf beiden Seiten gleichen Drehung um die quere Achse, wenn er für das Brustbein eine gleiche Hebung ergeben soll, an den oberen, namentlich dem obersten Ringe grösser sein als weiter unten. Da aber ganz entsprechend auch die Achse der ganzen Drehung, welche jede Rippe macht, an den oberen und namentlich der obersten sich mehr der queren Richtung nähert, also auch die Drehung um sie einen grösseren Theil von Drehung um die Querachse ergibt, so wird die Winkelgrösse der ganzen Drehung in den verschiedenen über einander liegenden Ringen der wahren Rippen bei der gemeinsamen Bewegung der Erhebung des Brustbeins als etwa gleich gross angesehen und danach der Ausschlag der in ihr zugleich mit gegebenen anderen Bewegungscomponenten ermessen werden können.

II. *Die Hebung der Rippen* an jeder Seite für sich ist die für linke und rechte nicht gemeinsame Drehungscomponente der Rippenhebung um eine von hinten nach vorn durch die Spitze des capitulum gehende Achse. Während beide Rippen zusammen mit ihrem am Brustbeine befestigten vorderen Ende sich um eine durch die hinteren Enden beider gehende Querachse drehen, dreht sich zugleich jede allein mit ihrer um die Brust herum gebogenen Krümmung um eine von hinten nach vorn, also etwa durch ihre beiden Enden gehende Achse; und zwar so, dass sich ihre seitliche Convexität hebt, wenn sich beide vordere Enden mit dem Brustbein auch heben, also linke und rechte einander entgegen, wie ja ihre beiden Achsen im entgegengesetzten Sinne von der rein queren Richtung abweichen. Die besondere Drehung geschieht an der linken Seite, bei Hebung von vorn angesehen, wie die des Zeigers an der Uhr, an der rechten entgegengesetzt. Die Grösse

dieses Antheiles der Bewegung ist natürlich bei sonst gleichem Winkelausschlag derselben abhängig von der Stärke der Abweichung einer jeden einzelnen Rippenachse von der queren Richtung zur sagittalen, also am ersten Ringe noch etwas kleiner als die des gleichzeitigen beiden Rippen gemeinsamen, an den folgenden grösser.

Das Zustandekommen dieser der einer Rippe mit der anderen desselben Ringes nicht gemeinsamen und der Medianebene nicht parallelen Bewegung setzt eine gleichzeitige zwischen ihr und dem Brustbeine, welches seine mediane Lage nicht verlässt, voraus. Um zu erkennen, wie die Gelenke der Rippenknorpel am Brustbeine am vollkommensten diese ergänzen könnten, gehen wir von einer Primärstellung aus, die an den obersten Ringen des Thorax nur bei starker Inspiration, an den unteren auch dann nur annähernd erreicht wird. Wir denken uns das am Brustbeine befestigte Ende beider Rippen bis in die nahezu horizontale Ebene erhoben, in welcher ihre beiden Drehungsachsen liegen. In dieser Ebene lagen auch die Achsen der besonderen Componenten, in die wir die ganze Bewegung jeder Rippe zerlegten, und die sagittale, um die es sich hier jetzt handelt, ginge dann aus dem capitulum der Rippe vorwärts durch das am Brustbeine befestigte Ende ihres Knorpels. Dies ist nun hier ähnlich befestigt wie das capitulum am Wirbelkörper. Die Spitze ist durch ein Band an der Grenze von zwei Abschnitten des Brustbeines angehängt, die ursprünglich wie die Wirbelkörper getrennte Stücke waren, darüber und darunter aber bilden die gegen diese Spitze etwas zurücktretenden Theile der Endfläche mit beiden noch kleine Gelenke. So entsteht auch hier eine zwischen Gelenk und Syndesmose in der Mitte stehende Verbindung, in der sich die Rippe gegen das Brustbein sehr wohl um eine von hinten nach vorn gehende Achse drehen kann, indem sie theils etwas in der von den beiden Gelenken gebildeten Vertiefung des Brustbeines gleitet, theils das Band an der Spitze sich etwas hin und her dehnt. So lange es sich also nur um kleine Excursionen von der angenommenen Primärstellung aus handelt, so lange also der beiden Rippen nicht gemeinsame Antheil ihrer Bewegung rein als Drehung um eine durch das Vorderende einer jeden gehende Achse betrachtet werden kann, so lange ist er durch Mitbewegung des vorderen Gelenks zulässig. Gleichzeitig verschiebt sich auch in den kleinen Gelenken, welche die Knorpel der sechsten bis achten Rippe unter einander häufig bilden, die obere meist etwas convexe

Fläche über der unteren ein wenig bei Hebung seitwärts. Nur an der obersten Rippe ist in der Regel keine Gelenkverbindung ihres Knorpels mit dem Brustbeine, sondern die einzige während des ganzen Lebens bestehende reine Synchondrose. Hier ist also auch jede, der Rippe jeder Seite eigenthümliche Bewegung schon nur durch Biegung des Knorpels möglich. Hier ist ja aber auch, wie oben gezeigt, die Drehung um die sagittale Achse bei gleicher um die quere geringer als an den unteren.

Der Effect der besonderen Hebung der Rippen ist noch bedeutender für die Ausdehnung des Thorax als der der gemeinsamen. Einmal wird durch die der zweiten, dritten, vierten, der Raum gerade über den Lungenspitzen beträchtlich erhöht. Sodann liegt aber an den grössten Rippen, zwischen der dritten und achten fast ihre ganze Krümmung vom Winkel bis zum Knorpel immer, auch wenn das vordere Ende möglichst hoch herauf gerückt ist, noch weit unter der Ebene der Drehungsachsen, entfernt sich also bei Aufwärtsdrehung um die sagittale fortwährend noch beträchtlich von der Medianebene, so dass also der weiteste Umfang des Thorax an Querdurchmesser gewinnt.

So weit ist die Bewegung sehr ergiebig für Dehnung und Zusammenlegung des Thorax, so weit ist sie auch ziemlich ungehindert allein durch Combination freier gleitender Gelenkbewegungen möglich, wenn auch die wechselnden Dehnungen und Biegungen der Bänder und Knorpel sie schon an jeder einzelnen Stelle etwas hemmend oder fördernd beeinflussen können. Eine stärkere und entschiedener bestimmbare Einwirkung dieser Art ergibt sich aber, wenn wir bedenken, dass die Zerlegung der Drehung der Rippe um ihre natürliche Drehungsachse in zwei um zwei mit dieser in einer Ebene liegende und die Theilnahme der Gelenke zwischen dem Brustbein und den Rippen an der einen derselben nur so lange als genau und erschöpfend gelten können, als von der Primärstellung, in der die Zerlegung gemacht war, und zwar der, bei welcher die vorderen Enden der Rippen bis zur Ebene der Achsen gehoben waren, nur geringe Ausschläge der Bewegung gemacht werden. Denn, sobald sie über oder unter dieselbe kommen, entsprechen die Drehungen der Rippe am Brustbeine nicht mehr denen um die sagittale Achse. Wäre die Zerlegung für alle Fälle überhaupt erschöpfend, so dürfte sich das Brustbeinende der Rippenknorpel gegen die Medianebene nicht verschieben; denn durch die Drehung um die quere Achse würde es nur parallel derselben bewegt, bei

der um die sagittale aber wäre es selbst ein stillstehender Drehpunkt in der Achse. Es ist aber klar, dass es bei der ganzen einfachen Drehung um die Achse des Rippenhalses ebensogut, wie jeder andere Punkt der Rippe bogenförmig in einer mit der Medianebene convergirenden Bahn auf und ab bewegt werden muss.

III. Die Entfernung der Rippen vom Brustbeine ist am grössten, wenn sie die mehrerwähnte Primärlage einnehmen, bei welcher die Verbindungsstelle beider in der Ebene der Drehungsachsen des Ringes, also nur wenig tiefer als die Befestigung der Rippen am Wirbel liegt. Denn da diese Ebene auf der Medianebene senkrecht steht und auf ihr wieder die mit der Medianebene nach hinten convergirende Ebene, in welcher sich je ein Punkt der Rippe, also auch ihr am Brustbein befestigtes Vorderende, um die Achse ihres Halses dreht, so muss sich dasselbe aufwärts und abwärts von der Primärlage in jener Ebene der Medianebene nähern und also auch dem Brustbeine, wenn es nicht aus seiner medianen Lage verdrängt werden soll. Die Entfernung oder Annäherung der Rippe und des Brustbeins von und gegen einander in querer Richtung wird durch keine Gelenkbewegung ausgeglichen, sie ist also nur möglich durch die Elasticität eines Stückes in der Verbindungskette. Wäre dasselbe ein elastisches Band, das aus seiner Ruhelage heraus gedehnt wird und sich dann zu verkürzen strebt, um in dieselbe zurück zu kehren, so müsste sich der ganze Thoraxring in jener angenommenen Primärlage in labilem Gleichgewichte befinden und von ihr aus auf- oder abwärts federn, weil auf- oder abwärts von ihr das Verbindungsstück der Knochen sich verkürzen könnte, da sie sich nähern. Es ist aber umgekehrt. Die Ringe des Thorax haben eine stabile Gleichgewichtslage, in welche sie, auf- oder abwärts von ihr entfernt, stets zurückfedern. Die Elasticität der Rippenknorpel wird also in Spannung versetzt durch Verkürzung oder Zusammendrängung und treibt also wieder auf die Stellung hin, bei welcher die Knochen sich von einander weiter entfernen. Die Lage, in welche der Ring demnach immer zurückfedert, kann natürlich ausserdem auch durch die schon oben berührten Torsionen in den Rippenknorpeln mit bedingt werden, und diese sind nicht so einfach ihrer Wirkung nach zu bestimmen. Im Allgemeinen scheint aber, wie die feuchten Präparate zeigen, die Ruhelage von der eben aus der Compression erklärten, wobei die Abstände der Vorderenden der knöchernen Rippen vom Brustbeine am grössten sind, nicht wesentlich abzuweichen.

Wie nun dies Federn der Ringe für gewöhnlich auf den Gang der Gesammtbewegung einwirkt, hängt natürlich davon ab, wie sich die elastische Ruhelage, in die sie immer zurückfedern, zu den gewöhnlichen Thoraxlagen verhält. Sie ist, wie gesagt, dadurch bezeichnet, dass das vordere Ende der Rippen, die Befestigungsstelle am Brustbein in der Ebene ihrer Drehungsachsen liegt. Für gewöhnlich liegt es aber tiefer, kann sich also noch bei Aufwärtsdrehung vom Brustbeine weiter entfernen. Für gewöhnlich wird also der Thorax durch die Elasticität der Rippenknorpel zur Hebung als Ruhelage federn. Sie ist im Vergleich mit der mittleren Haltung schon als eine Inspirationsstellung zu betrachten. Bei extremer Hebung aber kann wenigstens für die oberen Ringe die Ruhelage überschritten werden und das elastische Zurückfedern zu ihr dann also auf Senkung des Thorax wirken. Denn an den obersten Rippen sind nach den obigen Bestimmungen die Achsen so mit dem vorderen (medialen) Ende abwärts geneigt, dass bei gewöhnlicher Haltung das vordere Ende der Rippen nur wenig unter der durch sie bestimmten Ebene liegt, und bei starker Dehnung des Thorax über sie erhoben werden kann. Hier ist auch das Federn bei der strammeren Verbindung der beinahe einfach vom hinteren zum vorderen Ende herum gebogenen Rippen mit dem Brustbeine am entschiedensten, zumal am obersten Ringe, wo bei dem Fehlen des Gelenks am Brustbeine die Torsion noch dazu beitragen muss. Weiter unten wird der Zusammenhang bei der grossen Länge und Schiefstellung der Knorpel weicher, zugleich steht aber auch hier die Brustbeinbefestigung beständig viel tiefer als die Ebene der hier ziemlich rein horizontalen Achsen und so helfen hier die Knorpel beständig das Brustbein emporhalten.

Helmholtz (a. a. O.) hat das Zurückschnappen der Ringe des Thorax in eine Gleichgewichtslage zuerst dargestellt. Er fügt hinzu, sie würden aus derselben bei Inspiration durch den Muskelzug entfernt, und kehrten dann also von selbst zur Exspiration zurück. Er gibt aber keine Gründe dafür an, da es doch eben so gut umgekehrt sein kann. Er hat also vermuthlich bei der nicht näher eingehenden Untersuchung auch keine Vergleichung der elastischen Ruhelage der Präparate mit der mittleren Stellung im Leben vorgenommen und nur aus der bisher allgemein verbreiteten Vorstellung, wonach die Inspiration mehr als activer Vorgang, die Exspiration mehr als Nachlassen jener aufgefasst wird, wahrscheinlich gefunden, dass das von ihm gefundene Federn der letzteren zu Gute komme. Sonst hätte er wohl bemerkt, dass beim Präparate, welches sich in Ruhelage befindet, das vordere Ende der Rippe nicht wesentlich tiefer steht als das hintere. Darauf aber, dass es dies gewöhnlich thut, und wie daraus die bedeutende quere Erweiterung des Thorax bei der Rippenhebung folgt, hat er selbst hingewiesen. Also wird der Ring gerade zu dieser hin federn.

§. 24. Zur Mechanik der Respiration.

Die Erweiterung des Raumes der Lungen bei der Inspiration beruht theils auf der Ausdehnung, die der Umfang der Brust durch die Hebung der Rippen mit dem Brustbeine erfährt, theils auf der gleichzeitigen Ausdehnung der Bauchhöhle und der sie bedingenden Abflachung der Biegung, mit der die muskulösen Theile des Zwerchfelles von ihren Ursprüngen zum centrum tendineum übergehen. Auch die letztere ist aber mit abhängig von der Haltung des Thorax; die Erhaltung der Weite seines Umfangs ist die Voraussetzung für die Wirkung des Zwerchfelles. Ebenso ist für beide die gestreckte Haltung der Wirbelsäule eine nothwendige Voraussetzung. Die Inspiration wird also durch Alles unterstützt, was diese beiden Bewegungen des Skelets begünstigt. Beide stehen, wie wir gesehen haben, unter dem Einflusse elastischer Kräfte, welche sie bei gewöhnlichen mittleren Stellungen beständig begünstigen. Die gelben Bänder der Wirbelbogen und die Kerne der Wirbelsyndesmosen treiben die Wirbelsäule in die Streckung und nur die Faserringe um die letzteren halten entgegen. Die Ruhelage, gegen welche die Rippen mit dem Brustbeine durch die Elasticität der Rippenknorpel hinfedern, ist eine Hebungsstellung im Vergleiche mit den gewöhnlichen mittleren Lagen, um welche die natürlichen Athembewegungen schwanken. Wenn man also von extremen Inspirationen absieht, welche auch am Skelet Hemmungen erfahren, so können wir im Allgemeinen die elastischen Kräfte, welche direct auf die Stellung der Knochen einwirken, als beständig die Inspiration unterstützend bezeichnen. Dagegen begünstigen bekanntlich andere beständig die Exspiration, die Schwere der vorderen Theile der Brust, welche sowohl der Zurückbiegung der Wirbelsäule als der Hebung der Rippen entgegenwirkt, und die Elasticität der Lungen, die beständig die von ihnen eingeschlossene Luft auszutreiben und den Raum, welchen sie auszufüllen gezwungen sind, zu verkleinern streben. Die Ruhelage, in welche die Brust im Leben, wenn sie durch Muskelwirkungen abwechselnd nach der einen oder anderen Seite aus derselben entfernt ist, immer von selbst zurückfallen muss, resultirt also aus einem Gleichgewicht elastischer Kräfte, welche ebenfalls nach beiden Seiten von ihr weg bewegend angreifen, und ist, da sie auch nach Entfernung von ihr nach und von beiden Seiten fortwirken, mit sehr wenig Kraft variirbar.

Wären keine elastischen Widerstände gegen die von Seiten der Schwere und der Lungen begünstigte Exspiration im Skelet

gegeben, so würden schon bedeutende Muskelanstrengungen nöthig sein um zu verhindern, dass Wirbelsäule und Thorax beständig mehr und mehr herab- und zusammengepresst würden. Jede zeitweilige Schwäche der Muskelthätigkeit bei mangelhafter Ernährung in Krankheiten und dgl. müsste diese Folge haben. Auf der andern Seite ist es nur durch das Dasein des beständigen Strebens der Lunge nach einer Verkleinerung, die sie im Leben nie erreicht, erklärlich, dass trotz der Begünstigung der Hebung im Skelet auch diese ihre Ruhelage niemals zur wirklichen bleibenden Mittellage machen kann. Die elastischen Einwirkungen halten sich gegenseitig beständig in Schranken. Die normale Ruhelage zwischen ihnen ist schwer genau zu bestimmen; ebenso die wirkliche mittlere Lage. Doch weichen sie wahrscheinlich wenig von einander ab, und die Muskeln haben also im gewöhnlichen Verlaufe des Lebens nur die geringe Arbeit, kleine Schwankungen zu bewirken, die von selbst wieder rückgängig werden.

Bei dieser gewöhnlichen Wirkung der In- und Exspirationsmuskeln zum Zwecke des Ein- und Ausathmens wird ihnen durchaus kein grosser Widerstand geleistet; sie brauchen also beide nur wenig Kraft und wahrscheinlich beide auch ziemlich gleich wenig. Dagegen ist bei allen möglichen modificirten Athembewegungen immer die Exspiration mehr oder weniger durch den Widerstand der verengten Stimmritze gehemmt und erfordert also bedeutendere Anstrengung, während die Inspiration dazwischen frei wie gewöhnlich erfolgt. Eine Stunde Sprechen erfordert ohne Zweifel mehr Arbeit anhaltender Contraction in den Exspirationsmuskeln als die gewöhnliche Athembewegung den ganzen Tag über in In- und Exspirationsmuskeln zusammen. Dem entsprechend sind die letzteren offenbar viel stärker, wie die mit Anstrengung beider erreichbare Kraftäusserung beweist. Man hat viel mehr Gewalt im Blasen als im Saugen und kann es viel besser anhaltend fortsetzen.

Donders (Physiologie. Deutsche Ausgabe. 2. Aufl. S. 415.) hat den negativen Druck, der durch Inspiration und den positiven, der durch Exspiration hervorgebracht werden kann, gemessen und letzteren viel grösser gefunden. Wenn er trotzdem die Kraft der auf erstere wirkenden Muskeln grösser annehmen zu können meint, so kommt dies daher, dass er die ihnen entgegenwirkenden constanten Factoren sehr bedeutend in Rechnung bringt und ausser der Schwere der Knochen und der Elasticität der Lungen auch alle Torsionen und dgl. an den Theilen des Skelets dazu rechnet, während dieselben vielmehr, wie gezeigt, mehr auf die andere Seite zu setzen sind. Wenn man, wie das in der Regel der Fall sein wird, und auch in den Messungen von Donders wohl war, bei dem Versuche von extremen Lagen ausgeht, bei Inspiration von voll-

kommener Exspiration, bei Exspiration von angestrengter Inspiration, so wird man freilich für beide viel Nachhülfe von den passiven Theilen mitmessen. Wenn man dies aber auch vermeidet, wird doch die Theilnahme beider schwer zu berechnen sein. Ausser der Grösse der momentan erreichbaren Wirkung kommt aber noch in Betracht, dass die Anstrengung der Inspiration viel weniger anhaltend ausgeführt werden kann. Ein sehr mässiges mechanisches Hinderniss ist bei wiederholten etwas tieferen Inspirationen sehr bald ermüdend. Wenn man z. B. vorliest oder sonst anhaltend spricht, während sich Jemand nur ganz leise von vorn gegen die Brustwand lehnt, so wird die Inspiration sehr bald zu einer merklich ermüdenden Anstrengung, während noch so anhaltend wiederholte Exspiration mit beträchtlichen Widerständen, wie alle Arten von Blasen und dgl. niemals durch Muskelermüdung angreifend werden, nur durch Congestion in Folge der Veränderung der Circulation durch die Compression des Thorax.

Damit stimmt eine Uebersicht der zu beiden Zwecken verwendbaren Muskeln und die Differenz würde noch viel auffallender sein, wenn nicht zu den für die Inspiration verwendbaren mehrere kämen, die höchst wahrscheinlich gewöhnlich gar nicht dazu mitwirken, sondern eigentlich nur zur Bewegung des Armes und Kopfes dienen. Es sind dies der m. sternocleidomastoideus und der m. pectoralis minor, der sehr günstig und kräftig angreifend die Rippen, an welchen er ansitzt, in die Höhe ziehen kann, wenn die Schulter durch den m. cucullaris in die Höhe gehalten ist. Dies geschieht aber gewiss nur bei absichtlich sehr gewaltsamer Thoraxdehnung, die sich auch besonders durch Heraustreten der zweiten, dritten und vierten Rippe auszeichnet. Sonst wirken nur die schwachen mm. caleni direct auf Hebung des Thorax und auch dazu ist erst wieder die Fixirung der Ursprungsstelle durch Rückenstreckmuskeln erforderlich. Schwache Inspirationsmuskeln sind ferner die serrati postici. Ausserdem wirkt aber das Zwerchfell neben seiner eigenen Abflachung auch durch seine vorderen Portionen etwas hebend auf die Rippen, wenn die hinteren und der m. quadratus lumborum das centrum tendineum rückwärts halten, während es durch die Spannung im Bauche, welche die äusseren Bauchmuskeln auch nachlassend noch erhalten, nach oben gedrängt bleibt. Dem gegenüber wirkt nun aber die ganze Kraft der letzteren sehr entschieden günstig sowohl auf die Exspirationsbewegung des Thorax und der Wirbelsäule, als die entsprechende Verschiebung der Baucheingeweide. Die obliqui externi und die recti ziehen das Brustbein und die Rippen gerade und von den Seiten herunter, während die obliqui interni und die transversi mehr unten einschnüren. Dazu wirken vielleicht auch die ihnen analogen intercostales mit.

Auf die viel discutirten Controversen über die Wirkung der Intercostalmuskeln näher einzugehen, fühle ich mich hier nicht berufen, da es offenbar nicht nur reine

Fragen des Mechanismus, der Bewegungsmöglichkeit sind, die dabei in Betracht kommen. Denn, mag sich auch Meissner (Jahresbericht für 1857. S. 504.) mit Recht darüber lustig machen, wenn Budge die physiologische Möglichkeit, dass ein Muskel arbeite, während er nicht kürzer wird, mit dem Beispiel der Todtenstarre belegen will, so gibt es doch Fälle, in denen in der That ein Muskel wirksam wird ohne kürzer zu werden, indem er dazu dient einen Widerstand gegen eine andere Kraft zu leisten, die so gross ist, dass trotzdem die Bewegung nicht zu Stande kommt, die mit Verkürzung seiner Fasern verbunden sein würde. So scheint es mir z. B. unzweifelhaft, dass die kurzen Muskeln der Sohle, die wenn sie sich frei verkürzen, Beugung der Zehen herbeiführen, doch vorzüglich zur Erhaltung der Wölbung des Fusses zu der Zeit dienen, wenn alle anderen Muskeln der Beuge- (Plantar-) seite wirken, indem das Bein den Körper vorwärts stemmt; zu dieser Zeit aber befinden sich die Zehen bis zum Aufheben des Fusses in zunehmend übermässiger Streckung (Dorsalflexion). So wäre also auch eine Wirkung der Muskeln zwischen den Rippen denkbar, wobei es gar nicht darauf ankäme, ob ihre Fasern dabei etwas länger oder kürzer würden. So ist die Auffassung von Henle (Muskellehre S. 100.), wonach die Bedeutung derselben, abgesehen von aller Theilnahme an der Lageveränderung der Knochen, nur in Verhinderung des Einsinkens der Rippenzwischenräume bestehen soll, gar nicht die unwahrscheinlichste. Denn hierzu ist allerdings beständig ein entschiedener Widerstand gegen die Elasticität der Lungen, die den Druck auf der Innenfläche der Brustwand geringer macht als den aussen auf ihr stehenden Luftdruck, erforderlich. Will man aber, doch eine Mitwirkung der Intercostalmuskeln zur Bewegung annehmen, so scheint von vorn herein für alle zusammen ein Einfluss auf Verkleinerung des Brustraumes das nächstliegende. Es ist mir wenigstens sonst kein Beispiel bekannt, dass Muskeln, die in der Wandung eines Hohlraumes verlaufen, den Umfang desselben vergrössern helfen. Es ist dafür im Ganzen gleichgültig, ob sie in langhin erstreckten Zügen verlaufen, oder ob dieselben durch eingeschaltete feste Stücke unterbrochen sind. So wäre es also das natürlichste, sie, wie es der anatomischen Anordnung entspricht, so auch nach ihrer Wirkung analog den Bauchmuskeln zu setzen. Für die interni scheint es mir sogar ausser Zweifel, dass sie nicht alternirend mit dem m. obl. abdominis internus wirken können, da sie an den Oeffnungen der Intercostalräume untrennbar mit ihm verbunden sind. Denn wenn zwei benachbarte Muskeln zu verschiedenen Zeiten sich verkürzen, so muss sich nothwendig eine leicht verschiebbare Abgrenzung mit Bindegewebe zwischen ihnen bilden. Die externi hängen zwar ähnlich unmittelbar mit den levatores costarum zusammen; aber diese sind ja auch, wie H. Meyer (Physiolog. Anatomie S. 187.) mit Recht hervorgehoben hat, nicht was ihr Name sagt, da sie nicht vor sondern hinter der Drehungsachse des Rippenhalses sich ansetzen. Im Grossen und Ganzen kommt aber auf die Controverse nicht viel an und die Frage nach dem Ueberwiegen der zur Inspiration oder Exspiration verwendbaren activen Kräfte wird dadurch wenig berührt. Denn die einfach grossen Massen der äusseren Bauchmuskeln enthalten doch offenbar eine ungleich grössere Quelle von Arbeitsleistung als alle im günstigsten Falle zusammenzutreibenden Inspirationsmuskeln. Das unruhige Streben solche aufzusuchen, das sich früher auf den m. serratus anticus major und nach dessen Beseitigung nun besonders auf die Intercostalmuskeln und dgl. kleinere Bündel geworfen hat, macht fast den Eindruck, als ob man fürchtete plötzlich einmal keine Luft mehr kriegen zu können und rettungslos eingeschnürt zu bleiben. Man kann sich deshalb beruhigen, wenn man erwägt, dass der Thorax, selbst auch eine auseinander federnde Elasticität besitzt.

§. 25. Contracturen der Brustbewegung.

Die mittlere Lage zwischen tiefer Inspiration und voller Exspiration, welche der Thorax unter dem Einflusse der beständig auf ihn einwirkenden elastisehen Kräfte und des abwechselnden Spiels der Muskeln für gewöhnlich mit nur geringen Schwankungen einhält, kann durch versehiedene innere und äussere Ursachen, wie Lungendefecte oder habituelle Zusammendrückung niedriger zu stehen kommen. Die bedeutendste Besehränkung seiner Hebung und Dehnung wird, wie bekannt, durch die Schnürleiber bewirkt. Diese vermehren, wenn sie nur einigermassen stark über der Oberfläche der Brust gespannt sind, die elastische Begünstigung der Exspiration so bedeutend, dass dann allerdings bei ruhigem Athmen die Inspiration mehr Arbeit die Exspiration mehr Zurückfedern ist. Die Zurückhaltung des Erhebens der Rippen, das ihr Drehungsantheil um die sagittale Achse ergibt, und in extremen Fällen die Verbiegung der Rippenknorpel betreffen zwar nur die unteren Rippen. Die oberen werden dann zum Ersatz des unten verlorenen Raumes und anstatt der fast unmöglichen Abdominalinspiration vielmehr durch Muskelanstrengung übermässig emporgehoben. Dadureh kommen sie dann aber auch der Lage näher, oder bei Inspiration wohl darüber hinaus, von welcher aus sie sehon nieht mehr in die Höhe, und bei deren Uebersehreitung sie vielmehr zu ihr wieder abwärts zurückfedern. Dann haben also die Inspirationsmuskeln einen Widerstand mehr zu überwinden, der der Exspiration naehhilft. Darum wird aber doch die Arbeit für die letztere beim Sprechen und dgl. immer noeh ungleich mehr Kraft erfordern.

Eine Verrüekung der Mittellage des Thorax naeh Seiten der Ausdehnung, nach Seiten der Rippenhebung stellt die fassförmige Ausdehnung dar, welche sieh bei Emphysem der Lunge bildet. Das elastisehe Verkleinerungsbestreben der Lungen ist verloren, also ein constanter Factor der Exspiration. Es kann trotzdem die Frage sein, ob eine rein meehanisehe Störung in der Weehselwirkung dehnender und niederdrückender Kräfte primär im Spiele ist, oder die ganze Stellungsänderung der festen Theile, wie gewöhnlieh gesehieht, nur als Folge wiederholter Inspirationsanstrengungen anzusehen ist, welche von dem instinctiven Bestreben, die bei Ausweitung der Lungenbläschen und Compression von Capillaren kleiner gewordene Berührungsfläehe der Luft und des Blutes zu vergrössern, erregt werden. Das ist aber kaum zweifelhaft, dass damit wenig gewonnen und die Elastieität der Lungen, am aller-

wenigsten dann wiedergewonnen wird, wenn sie constant übermässig gedehnt bleiben. Es wäre also wohl zu überlegen, ob man Recht hat die abnorme Thoraxlage neben dem Leiden der Lungen als zufälliges an sich bedeutungsloses Symptom ruhig bestehen zu lassen, oder ob nicht vielmehr eine mechanische Behandlung derselben, nach Art anderer Contracturen, durch mässiges Schnüren die Erhaltung und Fortentwickelung des Gesammtleidens beschränken könnte. Es scheint wohl grausam, die Menschen, die sich immer mühsam anstrengen, Luft zu bekommen, an der Thoraxdehnung hindern zu wollen. Sie könnte ihnen aber von einer niederen Mittellage aus ebensoviel helfen.

Drittes Kapitel.

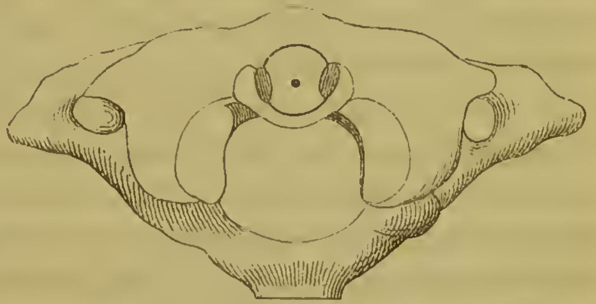
Bewegung des Schädels.

§. 26. Beugewirbel und Drehwirbel.

Zur Herstellung der freien Beweglichkeit des Schädels auf dem Halse wirkt erstens die doppelte Beweglichkeit um quere und mediane Achsen mit, welche, wie im ersten Kapitel gezeigt, der Wirbelsäule in allen ihren Abschnitten zukommt, am Halse aber viel freier entfaltet ist; zweitens die noch viel beweglichere reine Gelenkverbindung des Schädels mit dem obersten Wirbel, dem Atlas und dieses mit dem zweiten, Epistropheus. Diese beiden Wirbel werden mit dem Namen Drehwirbel von allen anderen als Beugewirbeln unterschieden, weil ihre ganze Form durch die freiere Ausbildung einer Drehbewegung zwischen ihnen beiden eine durchaus andere wird als die der im Ganzen sehr übereinstimmend gebildeten Abschnitte der Säule, so weit sie nur eine beschränkte Biegsamkeit hat. An den Beugewirbeln waren die Bogen durch kleine Gelenke, die Körper durch breite Syndesmosen vereinigt; beide beschränkten einander. Zwischen Epistropheus und Atlas und zwischen Atlas und Hinterhaupt fallen die kleinen straffen Gelenke der Bogen ganz weg, dagegen treten grosse freie an die Stelle der Syndesmosen zwischen den Körpern. Dieselben zerfallen aber in rechte und linke, die beim Menschen sowohl oberhalb als

unterhalb des Atlas ganz getrennt sind. Der Kern der zum Atlas gehörigen Wirbelkörperanlage trennt sich ganz von diesem und verwächst mit dem darunterliegenden, erhebt sich als Zahnfortsatz aus der Mitte der oberen Fläche des Epistropheuskörpers, während er mit dem Rande des ersten Schädelwirbelkörpers nur durch lockere Fasermassen zusammenhängt, hier also die Säule in der Mitte ganz unterbrochen ist. Zu beiden Seiten von ihm liegen die massae laterales des Atlas, die mit den seitlichen Abhängen des Epistropheuskörpers, so wie mit den Gelenkköpfen zu beiden Seiten der Oeffnung des Schädels Gelenke bilden. Die glatten Flächen, welche sie demnach nach oben und unten kehren, convergiren so gegen die Mitte hin, dass hier der Abstand der Gelenkköpfe des Schädels vom Epistropheus sehr klein wird, der Zahnfortsatz noch zwischen sie hinaufragt. Vor und hinter ihm sind die Seitenmassen des Atlas durch eine Knochenbrücke, den vorderen Bogen und durch ein festes Band, lig. transversum verbunden, welche ihm auch mit glatten Flächen im Zahngelenk und im Schleimbeutel des lig. transv. leicht verschiebbar, aber fest anliegen. Diese Fixirung des Atlas am Zahnfortsatze verhindert ihn am Abweichen von demselben nach hinten oder vorn, wodurch der Wirbelcanal beengt würde. Dies tritt ein, wenn das lig. transv. zerreisst. Vom hinteren Theile der stumpfen Spitze des Zahnfortsatzes gehen zwei starke Bänder, die ligg. alaria schräg aufwärts an beide Gelenkköpfe des Schädels, fixiren also beide Gelenke zugleich, indem sie Schädel und Epistropheus direct an einander und dadurch den Atlas zwischen ihnen eingepresst halten.

Fig. 20.



Die medianen Achsen der typischen Seitenbewegung waren an den Halswirbelgelenken bis zum unteren des Epistropheus von vorn und unten nach hinten und oben gerichtet. In der Verbindung zwischen Epistropheus und Atlas wird die Achse der Drehung rein senkrecht, die Drehung um sie rein in horizontalen Ebenen ist die ausgiebigste und zugleich genau bestimmteste in der ganzen Säule; die Bewegung um quere Achsen fällt hier ganz weg. Zwischen Atlas und Hinterhaupt wird die mediane Achse der Seitenbewegung

sogar mit dem oberen Ende überwiegend nach vorn gerichtet, aus der Drehung um sie resultirt wieder mehr Neigung als Umdrehung zur Seite; hier tritt aber auch wieder eine Drehung um eine Querachse mit freierem Spielraum, als irgend sonst weiter unten, hinzu. Durch die über beide Gelenke zugleich hinübergespannten ligg. alaria sind die Bewegungen beider von einander abhängig. Sie sind zuerst einzeln zu betrachten, sodann in ihrer combinirten Wirkung.

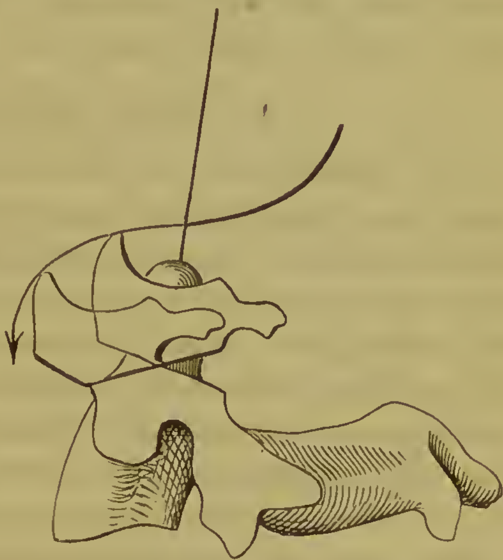
§. 27. Gelenk zwischen Epistropheus und Atlas.

Die senkrechte Achse, um welche sich der Schädel mit dem Atlas auf dem Epistropheus drehen kann, geht mitten durch dessen Körper und Zahnfortsatz. Wenn sich der Kopf nach rechts dreht, gleitet der vordere Bogen des Atlas vor dem Zahnfortsatz nach rechts, das lig. transv. atlantis hinter ihm nach links, die rechte Seitenmasse des Atlas über dem Körper des Epistropheus rückwärts, die linke vorwärts. Diese Bewegung ist ziemlich frei, beträgt nach jeder Seite etwa 30^0, das Vor- und Zurückrücken der Seitentheile des Atlas wohl gut $^1/_4$ Zoll. Trotzdem sind die Gelenkflächen beinahe gleich gross an beiden Wirbeln, sie verlassen sich also immer beide zum Theil, wenn sie die mittlere Stellung verlassen, bei der der Kopf gerade nach vorn sieht. In dieser allein stehen beide Seitenmassen des Atlas in ihrer ganzen Ausdehnung gerade über den Gelenkflächen des Epistropheus. Sie schliessen aber keineswegs auch in der ganzen Ausdehnung genau auf einander, sondern lassen nach hinten und vorn offene Spalten zwischen sich, in welche schlaffe Synovialfalten eingeschoben sind, und berühren sich nur direct und fest in einer mitten von der Wurzel des Zahnfortsatzes quer über sie herablaufenden Linie, durch die sie in hintere und vordere Hälften getheilt werden. Diese sind am Epistropheus von ihrer mittleren Grenze an vor- und rückwärts abschüssig, am Atlas vor- und rückwärts in die Höhe gerichtet, so dass auf jedem Wirbel der Streifen, mit dem sie in der mittleren Stellung einzig fest auf einander stehen, eine gegen den andern vorspringende Firste darstellt, von der aus sie von einander zurücktreten. Sie wird übrigens hauptsächlich durch eine stärkere Knorpelschicht gebildet, ist an macerirten Knochen kaum zu erkennen.

Verlässt nun aber der Atlas nach der einen oder anderen Seite die mittlere Stellung, so gleitet die Firste seiner unteren Flächen auf der einen Seite vor-, auf der anderen rückwärts, auf den ab-

schüssigen Halbflächen des Epistropheus herab und nun kommt mehr und mehr die vordere halbe Gelenkfläche vorwärts von ihr auf die hintere des Epistropheus (auf der rechten Seite bei der Drehung des Gesichts nach rechts) und die hintere auf die vordere (auf der linken Seite). Diese schliessen nun congruent auf einander und bilden also zusammen Theile eines einfachen, schleifend beweglichen Gelenks, das nur aufhört zu schliessen, wenn sie vollkommen von einander entfernt sind. Es bewegt sich also der Atlas mit dem Kopfe, wenn er die Mittelstellung verlässt, auf der einen Seite vorwärts auf dem vorwärts, auf der anderen Seite rückwärts auf dem rückwärts abschüssigen Theile der Gelenkflächen des Epistropheus. Er dreht sich um die senkrechte Achse, wird aber zugleich herabgesenkt. Die Bewegung ist keine reine Drehung, sondern eine schraubenartige und zwar abwechselnd mit Drehung nach der einen und nach der anderen Seite ansteigend. Die Flächen, welche auf einander schliessen, wenn der Kopf nach rechts gedreht wird, bilden eine rechts gewundene Schraube (wie der Pfeil in Fig. 21.), die anderen eine links gewundene. Wenn die eine im Gange ist, sind die zur andern gehörigen Halbflächen ganz von einander entfernt. In beiden wird der Kopf gehoben, wenn er sich der mittleren, gerade nach vorn gerichteten Stellung nähert. In dieser sind alle zusammengehörigen Flächenstücke von einander entfernt. Von ihr aus kann der Atlas auf die eine oder die andere übergehen und auf ihr absteigend herumgedreht werden.

Fig. 21.



Man kann die Drehung zwischen Atlas und Epistropheus um die senkrechte Achse und das Auf- und Absteigen, das sich mit ihr verbindet, am leichtesten und reinsten beobachten an einem Horizontaldurchschnitte durch den Atlas und den Zahnfortsatz. Steckt man in die Mitte des letzteren einen senkrechten Stift, so sieht man, dass derselbe sich um sich selbst dreht, wenn man den Atlas festhält und den Epistropheus links und rechts dreht. Zugleich

geht er aber etwas auf und ab. Noch deutlicher sieht man dies an der Schnittfläche der Knochen selbst. Die des Zahnfortsatzes hebt sich, wenn der Schnitt in Mittelstellung gemacht war, bei jedem Abweichen von derselben aus der des Atlas empor, bleibt ihr aber parallel (horizontal). Dies beträgt etwa eine Linie bei voller Drehung nach einer Seite (etwa 30°), die Höhe der Schraube wäre also für eine ganze Umdrehung etwa 1 Zoll. Man kann das Steigen und Sinken des Kopfes bei Annäherung und Entfernung von der Mittelstellung, so gering es ist, auch im Leben mit Leichtigkeit constatiren. Stellt man sich gerade an die Wand und lässt eine Kante eines Lineals dicht über dem Kopfe gegen die Wand halten, wie beim Messen der Körpergrösse, so bemerkt man, dass sie aufhört dicht aufzudrücken, wenn man den Kopf zur Seite dreht. Wäre diese Bewegung nur eine reine Drehung um die senkrechte Achse des Zahnfortsatzes in horizontalen Ebenen, so müsste das obere Ende des Rückenmarkes hinter dem Zahnfortsatze bei jeder Bewegung nach der Seite gedehnt werden, weil das obere, im Schädel fixirte Ende, über dem unteren im Wirbelkanale nach der Seite abginge. Dies wird ausgeglichen, wenn es zugleich etwas herabgesenkt wird.

§. 28. Gelenk zwischen Schädel und Atlas.

Die Gelenkköpfe, mit denen der Schädel beiderseits neben der Spitze des Zahnfortsatzes vom Epistropheus in den Pfannen der massae laterales des Atlas ruht, haben eine gemeinsame Krümmung, die von rechts nach links und von hinten nach vorn convex, aber nicht gleich stark gebogen ist. Man kann demnach zwei Achsen ihrer Krümmung annehmen, von denen die eine in der Medianebene, die andere senkrecht zu derselben liegt, die sich aber nicht schneiden. Die Krümmung von hinten nach vorn ist stärker; die quere Achse liegt also dem Gelenke selbst näher. Die Berührungsflächen des Gelenkes sind also nicht Stücken einer Kugel, sondern eines der überhaupt nur annähernd genau vorstellbaren, in zwei Richtungen, mit einander überkreuzenden Achsen drehrunden Körper. Man kann sich als Schema derselben eine längliche drehrunde Walze vorstellen mit querliegender Achse, der der Krümmung von hinten nach vorn. Dazu käme die von rechts nach links als flachere der Erzeugungslinie, so dass sich dann die zweite Achse, senkrecht zur Ebene letzterer in ihrem Centrum mit annähernder Genauigkeit denken lässt. Oder man kann von einem Umfangsstücke

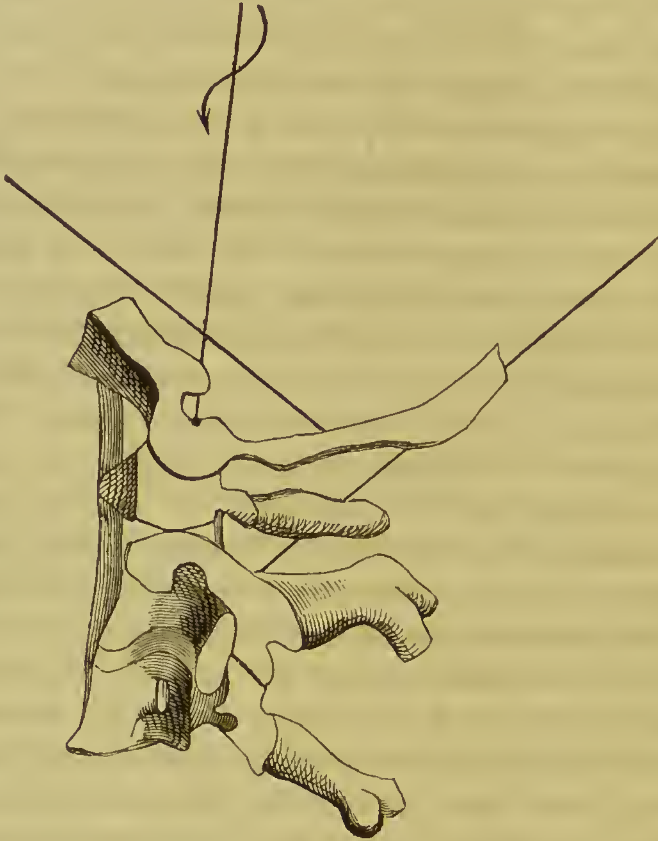
eines pomeranzen- oder ringförmigen Körpers ausgehen, dessen Achse in der Medianebene läge. Dazu käme dann die quere als nur annähernd bestimmbare senkrecht auf den mittleren Lagen des Erzeugungskreises in dessen Centrum. Beides ist gleich zulässig. Das letztere kann vorgezogen werden, wenn man auch hier dabei bleiben will, die mediane Achse der Wirbeldrehung als die eigentlich typische zu betrachten. Die Bewegung in sagittalen Ebenen ist hier zwar die ausgiebigere, aber auch nicht ohne Ungenauigkeiten und veränderliche Lage der queren Achse.

Die Nickbewegung des Kopfes oder die Beugung und Streckung im Atlas ist die weitaus freiste Drehung um eine quere Achse, die in der ganzen Wirbelsäule vorkommt. Die Lage der Achse ist nahezu genau bestimmbar durch Aufsuchung der Krümmungsmittelpunkte von Sagittalschnitten der Gelenkköpfe. Sie geht etwas über dem seitlichen höchsten Rande der Gelenkflächen hin und nach der Seite fortgesetzt durch die Höhe des proc. mastoid. (S. u. Fig. 23). Ganz genau ist dies nur insofern nicht, als die Krümmung der Gelenkköpfe, von der dabei ausgegangen wird, in der Regel nicht ganz rein gleichmässig von hinten nach vorn durchgeht, sondern, ähnlich wie an den unteren Gelenken, hintere und vordere Hälften eine etwas verschiedene Biegung zeigen, nur dass die hinteren Hälften der Gelenkköpfe dann nicht wie dort auf die vorderen darunter, sondern in die hinteren der Pfannen passen, die vorderen in die vorderen. In diese schliessen und klaffen sie dann abwechselnd bei den verschiedenen Theilen der Bewegung, vor- und rückwärts von einer Mittelstellung, in der sie alle aufeinanderliegen. Dabei verschiebt sich auch die Lage der Achse etwas vor- und rückwärts bei Beugung und Streckung (Nicken und Zurückbiegen des Kopfes). Denn das Centrum der vorderen Hälften, die bei der Bewegung des Kopfes nach hinten von der Mittelstellung am genausten schliessen, liegt weiter hinten, als das der vorderen. Ihre Profile convergiren in einer etwas vorspringenden Kante, an der auch der Knorpelüberzug oft theilweise unterbrochen und zuweilen ein Absatz ist. Die Hemmung der Nickbewegung ist eine absolute durch Anstossen der Stellen vor und hinter den Gelenkköpfen an die Ränder der Pfannen. Doch kommen auch die ligg. alaria mit in Betracht.

Die Seitenbewegung des Kopfes im Atlas ist vorherrschend Neigung zur Seite, ihre Achse von hinten nach vorn gerichtet. Die Krümmung der Gelenkköpfe von rechts nach links zeigt, wenn

man ihr Centrum aufsucht, die Höhe, in welcher sie über die quere weggeht. Man kann sich aber bei näherem Zusehen überzeugen, dass die Neigung zur Seite nicht ganz rein in frontalen Ebenen geschieht, sondern einige Drehung zur Seite hin einschliesst, und zwar nicht wie die Seitenbewegung der unteren Halswirbel nach derselben sondern nach der anderen Seite. Der Kopf wird bei Neigung nach rechts im Atlas ein wenig nach links gedreht, die Achse ist mit dem vorderen Ende etwas nach oben gerichtet. Dies

Fig. 22.



ist auch oft deutlich an der nach unten vorspringenden Kante zu erkennen, in der, wie vorher erläutert, oft die hintere und vordere halbe Gelenkfläche zusammenstossen. Dieselbe läuft, wenn sie deutlich ausgebildet ist, nicht ganz rein von rechts nach links herüber, sondern etwas mit den lateralen Enden rückwärts. Eine durch sie gelegte Ebene liegt mit dem oberen Ende etwas zurückgeneigt. Auf dieser steht aber die Achse der Seitenbewegung senkrecht. Sie kann als eine Ganglinie der Seitenbewegung gelten. Denn, wenn diese von der Mittelstellung zwischen Beugung und Streckung aus, bei der die Gelenke vollkommen schliessen, beginnt,

so bleibt die Congruenz vollkommen erhalten, auch die Kante zwischen hinteren und vorderen halben Gelenkköpfen bewegt sich genau gleitend in der entsprechenden Furche der Pfannen. Darum kann auch die Seitenbewegung als die rein typische Drehung gelten. Das nach vorn gerichtete obere Ende ihrer Achse kann dem gerade nach oben gerichteten des vorigen Gelenks und dem nach hinten gerichteten der weiter unteren analog gesetzt werden, indem dann die Veränderung ihrer Lage von unten nach oben der Knickung der Wirbelsäule in die Schädelbasis hinein entspricht.

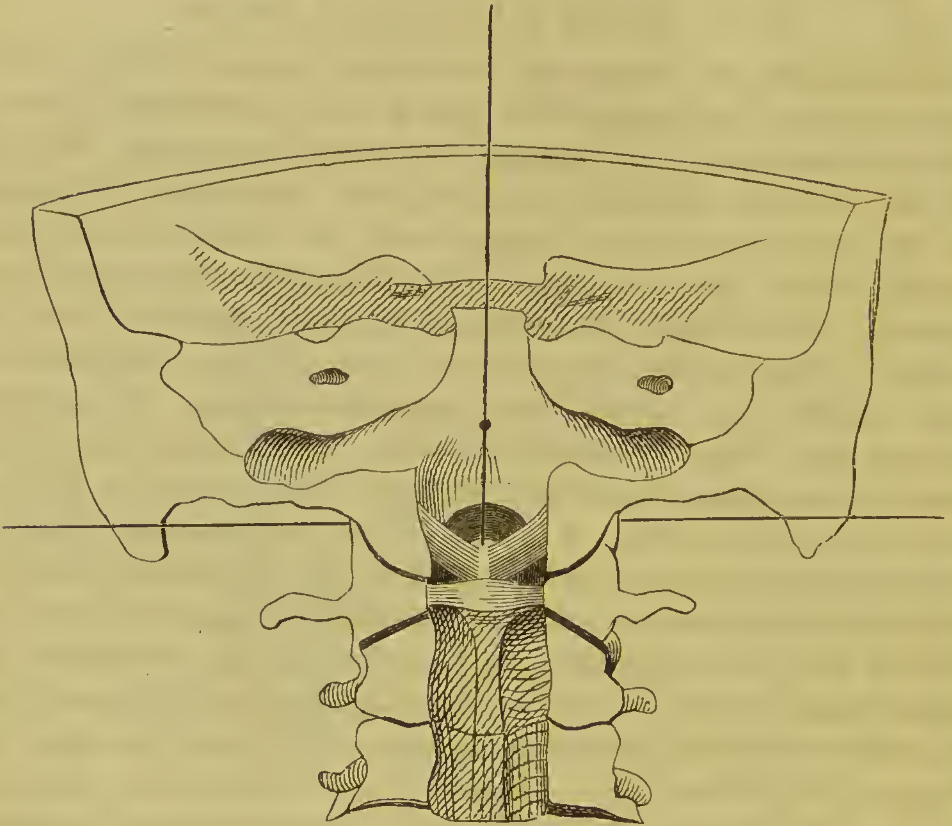
§. 29. **Drehung und Neigung des Gesichts.**

Drei Arten von Bewegung des Kopfes ergeben sich aus dem eben erörterten Mechanismus der beiden nahe verbundenen Gelenke unter und über dem Atlas: Biegung nach vorn oder hinten, Neigung auf die Seite und Drehung nach der Seite. Wenn wir, wie bisher, nur die Bedingtheit ihres Ganges durch die Form der Knochen berücksichtigen, so sind diese drei vollkommen unabhängig von einander. Epistropheus und Schädel berühren sich nicht und die beiden Drehungen des Schädels im Atlas können ebenfalls von jeder Stellung aus einzeln oder zugleich beginnen. Es könnten also alle drei Arten der Bewegung durch Muskelzug in allen möglichen Combinationen ausgeführt werden, wenn nicht hier der seltene Fall vorläge, dass sie durch Bänder entschieden gehemmt werden, und zwar durch dieselben, wodurch sie in jeder Lage in ihrem Spielraume von einander abhängig werden. Es sind die schon erwähnten ligg. alaria, welche vom hinteren Umfange der Spitze des Zahnfortsatzes direct an beide Gelenkköpfe des Schädels gehen und also sowohl die Bewegung dieser in der Pfanne des Atlas als die des Schädels mit dem Atlas auf dem Epistropheus hemmen können. Die Neigung des Kopfes nach vorn beschränkt das rechte wie das linke Band. Bei den beiden Drehungen um mediane Achsen werden sie abwechselnd gespannt. Die Nickbewegung ist daher am vollkommensten ausführbar, wenn beide übrigens gleich sehr entspannt sind, also namentlich, wenn die beiden anderen ihre Mittelstellung einnehmen, das Gesicht gerade auf steht und gerade nach vorn sieht. Sie wird gehemmt, wenn es nach der einen oder andern Seite davon abweicht. Die beiden Seitenbewegungen aber hemmen und verbinden sich durch die Spannung des linken oder rechten Bandes regelmässig abwechselnd; so entsteht eine regelmässige Art der Combination von Drehung und Neigung des Ge-

sichts bei der leichten Seitenbewegung des Kopfes, die der Wendung des Blickes dient.

Die Anheftungen der Bänder am Zahnfortsatze liegen hinter der senkrechten Achse der Drehung in demselben und ihre ganze Ausspannung unter der annähernd sagittalen der Neigung. Das rechte beschränkt also durch seine Spannung die Drehung des Gesichts nach links, weil dabei die rechte Seitenmasse des Atlas mit dem in ihr ruhenden Gelenkkopfe nach vorn geht, und die Neigung nach links,

Fig. 23.



weil dabei der rechte Gelenkkopf nach oben und der Seite geht, sich vom Zahnfortsatze entfernt. Ist es durch die eine dieser beiden Drehungen bereits gespannt, so ist die andere nicht auch noch vollkommen ausführbar, weil das Band die doppelte Dehnung nicht erträgt. Also kann das Gesicht nicht zugleich durch Drehung des Atlas auf dem Epistropheus nach links gedreht und durch Drehung des Schädels in den Pfannen des Atlas nach links geneigt werden. Eins hindert das andere. Dieser beschränkende Einfluss beider Bewegungen auf einander kann ein entgegengesetzt direct bewegender werden. Wird das Gesicht nach links gedreht und da-

durch das rechte lig. alare gespannt, so zieht es von selbst den Gelenkkopf, an dem es ansitzt, in der Pfanne des Atlas herab gegen den Zahnfortsatz, bewirkt also eine Neigung des Gesichses nach rechts. Dies kann man noch am Präparate sehen. Wenn man den Epistropheus festhält, und den Atlas auf ihm zur Drehung nach der einen Seite herumschiebt, dreht sich von selbst der Schädel in ihm zur Neigung nach der anderen. Diese Abhängigkeit beider Drehungen von einander hört sofort auf, wenn das betreffende lig. alare durchschnitten ist.

Neben dieser gegenseitigen Verbindung der extremen Lagen bemerkt man an einem ganz frischen Präparate mit allen Bändern eine Neigung der Drehung des Atlas auf dem Epistropheus aus der mittlern Lage federnd abzuweichen, da durch das mit der Drehung verbundene Herabgehen des Schädels zunächst die Entspannung der einen Bänder die Anspannung der anderen überwiegt. Die Mittellage ist eine mindestens durchaus nicht stabile. Daher wird die Wendung des Gesichtes zur Seite gewöhnlich nur mittelst der Drehung auf dem Epistropheus zu Wege gebracht und es verbindet sich bei der ungezwungenen Ausführung dieser Bewegung ganz von selbst mit ihr die Neigung zur anderen Seite, die zwischen Schädel und Atlas geschieht. Diese Combination kann man beständig beobachten an jedem Menschen, der bei Richtung des Blickes zur Seite hin den Kopf mit bequemer Leichtigkeit herumdreht. Erst bei extremer Herumwendung bis zur Richtung des Gesichtes über die Schulter nach hinten, wird nothwendig auch die weniger leicht ausführbare Bewegung der Halswirbel abwärts vom Epistropheus mit benutzt und dann kommt in Folge der früher besprochenen schiefen Lage der medianen Achsen am Halse von hinten und oben nach vorn und unten zu Drehung nach rechts auch Neigung nach rechts. Wird aber schon bei mässiger Wendung zur Seite diese Combination beider bemerklich, so beweist es eine unnatürlich gezwungene Bevorzugung der schwierigeren Bewegung vor der von Natur leichteren und gibt der Bewegung des Blickes den Ausdruck der Affectation, wenn nicht etwa eine nur so zu erreichende Schiefheit der Gesichtsstellung als durch die Beziehung des Blickes auf einen Gegenstand, dem beide Augen in gewisser Richtung entgegengestellt sein wollen, z. B. das ebenfalls schiefstehende Gesicht eines anderen Menschen, oder ein schief daliegendes Buch oder Bild erfordert und deshalb bewusst oder unbewusst absichtlich herbeigeführt zu erkennen ist.

§. 30. Wirkungen der Muskeln und Contractur.

Die natürliche Combination der in den obersten Gelenken ausführbaren Drehung und Neigung des Gesichts hat ihren Grund auch ebensosehr, und im Grunde wohl ursprünglicher als in der eben erörterten Bänderspannung darin, dass es nur Ein grosser Muskel vor allen anderen ist, der beide zugleich bewirkt. Denn kein anderer wirkt günstiger und kräftiger auf eine von beiden als der m. sternocleidomastoideus. Der rechte zieht den Kopf mit dem Atlas auf dem Epistropheus herum zur Drehung des Gesichts nach links und zugleich im Atlas herunter zur Neigung nach rechts der linke umgekehrt. Da ausserdem die Wirkung beider eine bedeutende Componente nach unten hat, die Drehung aber von der Mittellage aus abwärts geht, erfolgt sie um so leichter.

In Folge dessen kann denn auch die ganze combinirte Seitenbewegung des Kopfes leicht einseitig überwiegend, die Mittellage eine schiefe werden. Steigert sich dies zur vollständigen Fixirung im Extrem durch Contractur eines m. sternocleidomastoideus, so zeigt dieselbe, wie sie unter dem Namen caput obstipum bekannt ist, die vollkommene Carricatur der vereinigten Drehung nach der einen und Neigung nach der anderen Seite. In wie weit sich dabei die Formen der die Gelenke tragenden Knochentheile verändern, ist nicht durch Präparate bekannt. Doch wird es gewiss nicht unbeträchtlich sein, da sogar die Form des Schädels nach langem Bestehen der Schiefstellung ganz unsymmetrisch entwickelt bleibt. Man kann wohl annehmen, dass dann bei der Drehung nach der einen Seite die allein im Schluss befindlichen Halbflächen der Gelenke zwischen Atlas und Epistropheus stärker abschüssig geworden und wohl auch durch stärkere Eindrückung in die Masse beider Knochen vergrössert sein werden; die von einander ganz entfernten dafür verkleinert und nicht mehr rein und glatt. Der Knochenverlust durch Eindrückung der schliessenden Halbflächen wird überwiegend sein auf der Seite des contrahirten Muskels, also bei Neigung nach rechts, Drehung nach links an der linken vorderen Halbfläche des Epistropheus und der ihr aufliegenden hinteren des Atlas. Auf derselben Seite wird auch vom oberen Gelenke her die Seitenmasse des Atlas an Umfang verloren haben und namentlich am Seitenrande ihrer Pfanne ein Defect entstanden sein. Das lig. alare derselben Seite wird erschlafft, verkürzt und aufgelockert, das andere verlängert straff gespannt sein.

Die umgekehrt gemeinsame Wirkung auf die beiden Richtungen der Seitenbewegung hat der m. splenius. Der linke dreht und neigt das Gesicht nach rechts. Er wirkt also vermuthlich mehr auf die Mitbetheiligung der Wirbelgelenke abwärts vom Epistropheus zur Seitenbewegung, welche dies vereinigt. Isolirte Wirkungen auf die obersten Gelenke haben nur die kleinen ganz tiefen mm. recti und obliqui capitis postici und auch bei ihnen kommt zu den verschiedenen Seitendrehungen, die sie bewirken, eine mehr oder weniger gemeinsame Streckungscomponente. Fast ausschliesslich auf Streckung oder Hintenüberbeugung ist die Zugrichtung aller andern Nackenmuskeln angelegt. Sie geben wohl das auffallendste aber auch das leicht verständlichste Beispiel von Ueberlegenheit einer Masse zusammenwirkender Muskeln über ihre Antagonisten. Nur der longus colli und im Nothfall die langen vorderen Halsmuskeln, die eigentlich nur Zungenbein und Kehlkopf angreifen, können den Kopf vorn überbeugen. Es wird aber auch nie erfordert. Dagegen muss er der Schwere entgegen immer hintenüber gehalten werden.

Viertes Kapitel.

Bewegung des Unterkiefers.

§. 31. Zusammensetzung des Kiefergelenks.

Der Unterkiefer ist mit dem Schädel symmetrisch auf jeder Seite durch ein Gelenk verbunden, welches wieder aus zwei vollständig getrennten Articulationen zusammengesetzt ist. Denn zwischen dem Gelenkkopf des Schläfenbeins und dem des Unterkiefers ist die faserknorpelige Bandscheibe eingeschaltet, welche jeden derselben mit einer glatten Oberfläche genau berührt und in dieser Berührung sich congruent schleifend auf ihnen bewegen kann. Die beiden Articulationen, welche sie demnach mit beiden Knochen bildet, haben jede ihre besondere Synovialhöhle und ihre besondere Drehungsaxe. Die Drehungsaxen liegen einander parallel und nahezu senkrecht zur Medianebene, also auch nahezu identisch für das linke und rechte Gelenk in den Gelenkköpfen, entsprechend dem grössten Durchmesser derselben und der Bandscheibe. Die

gleitende Verschiebung der Gelenkflächen über einander geschieht also wesentlich parallel der Medianebene und in dieser Richtung ist auch der Durchmesser der Bandscheibe wie der der meisten Gelenkpfannen kürzer als der der beiden Gelenkköpfe. Von den längeren und dickeren, vorderen und hinteren Rändern der Bandscheibe gehen selbständige schlaffe Kapselmembranen zu den entsprechenden beiden Knochen. Ueber ihren kurzen medialen und lateralen Rand dagegen gehen stärkere Bandstränge direct von einem Knochen zum andern, welche sich zu beiden Articulationen als Seitenbänder verhalten, namentlich das laterale, welches an beiden Gelenkköpfen in der Gegend ihrer Drehungsachse mit dem grössten Theil seiner Fasern ansitzt. Hinten liegt der Aussenfläche beider Kapseln ein lockeres Zellgewebe an, das mit der vorderen

Fig. 24.



Wand des Gehörganges, dem hinteren Rand des Unterkiefers und der Parotis zusammenhängt. Vorn ist der Rand der Bandscheibe zwischen den Ursprüngen beider Kapseln von Muskelinsertionen (meist Ansätze von ptergg. ext.) eingenommen.

Die Bewegungen beider Articulationen sind an sich verschieden und selbständig, combiniren sich aber gewöhnlich in gewisser Weise. In der gewöhnlichen Stellung bei ruhig geschlossenem Mund deckt die Bandscheibe von dem oberen Gelenkkopfe den hinteren, von dem unteren den vorderen Theil. Wenn der Mund geöffnet wird, so bewegt sich die Bandscheibe auf dem Gelenkkopfe des Schläfenbeins von hinten nach vorn und der Gelenkkopf des Unterkiefers folgt dieser Bewegung. Gleichzeitig dreht er sich aber um seine eigene Achse so, dass sein hinterer Theil statt des vorderen mit

der Bandscheibe in Berührung kommt, so dass also der abwärts von der Achse gelegene grösste Theil des Unterkiefers nach hinten und unten bewegt wird. Diese Bewegungen kann man als Oeffnungsdrehung beider Articulationen des Kiefergelenks bezeichnen, die entgegengesetzten als Schliessungsdrehung. Dieselben einfachen Bewegungen geben aber, wenn sie sich in anderen Verhältnissen zusammensetzen, auch die andern Bewegungsarten des Unterkiefers. Um nun den Antheil zu bestimmen, welchen jede Articulation an den verschiedenen Stellungsveränderungen desselben nimmt, ist es nöthig, sie zuerst einzeln zu analysiren und dann daraus ihre vereinigten Wirkungen abzuleiten. Es wird dabei erlaubt sein, da die Drehungsachsen nahezu senkrecht auf der Medianebene stehen, im allgemeinen von einem Sagittalschnitte als Profilschema auszugehen und die Abweichungen von dem so definirten Gange der Bewegung nachträglich zu berücksichtigen.

§. 32. **Die einzelnen Articulationen.**

I. Die oberen Articulationen sind einfache Charniere, gebildet von dem Gelenkkopfe des Schläfenbeins und der ihm als Pfanne anschliessenden oberen Fläche der Bandscheibe. Der glatte überknorpelte Gelenkkopf des Schläfenbeins, oder das tuberculum articulare ist deutlich, in der Richtung von hinten nach vorn convex gekrümmt. Sein Sagittaldurchschnitt entspricht in den ausgebildetsten Fällen dem hinteren unteren Quadranten eines Kreises, dessen Mittelpunkt also über dem vorderen und in gleicher Höhe mit dem hinteren Ende desselben liegt und dessen Radius etwa einen Centimeter lang ist (vgl. Taf. III. Fig. 1.). In andern Fällen ist er auch ein etwas kleineres Stück eines etwas grösseren Kreises (vgl. Taf. III. Fig. 2.), in ähnlicher Lage zu seinem Centrum. Im Allgemeinen ist also immer der vordere Rand der Gelenkfläche der tiefste Theil derselben und die Drehungsachse liegt grade über ihm, höchstens einen halben Zoll hoch. Um diese dreht sich die Bandscheibe, wenn sie sich von hinten nach vorn bewegt oder umgekehrt.

Denkt man sich von der gewöhnlichen Stellung bei geschlossenem Munde ausgehend, dass die Oeffnungsdrehung der oberen Articulation geschieht, dass also die Bandscheibe sich vom hinteren auf den vorderen Theil des Gelenkkopfes bewegt, ohne dass gleichzeitig eine Bewegung zwischen Unterkiefer und Bandscheibe stattfände, so würde dadurch nichts weniger als eine Oeffnung des Mundes zu Stande kommen. Denn, da dann alle Punkte des Unter-

kiefers sich auch nur in demselben Sinne (von links angesehen wie der Zeiger einer Uhr) um die Achse des tuberculum articulare drehen müssten, so würden die Zähne im Gegentheil nach oben bewegt werden.

Der Spielraum dieser Bewegung beträgt immer weniger als einen rechten Winkel. Er ist nach der Seite der Schliessungsdrehung sehr entschieden durch Aneinanderstossen der Hemmungsflächen geschlossen, nach der Seite der Oeffnungsdrehung nicht. Denn die vordere Wand des Gehörganges tritt sehr stark und plötzlich über den hinteren Rand der Gelenkrolle hervor. Wenn also der hintere Rand der Bandscheibe denselben erreicht hat, so stösst er und mit ihm die hintere Fläche des Gelenkkopfs am Unterkiefer an die vordere Wand des Gehörganges an. Der Gelenkkopf des Unterkiefers steht bei geschlossenem Munde in der Vertiefung zwischen dem des Schläfenbeins und dem Gehörgange. Vor dem vorderen Rande der Gelenkrolle dagegen tritt die Oberfläche der queren Knochenleiste, von der sie getragen wird, ebenso plötzlich nach oben gegen sie zurück. Die Bandscheibe und der Gelenkkopf des Unterkiefers finden also hier keinen Widerstand, wenn sie über das normale Maass der Oeffnungsdrehung hinausgehen, und ein Theil der Gelenkpfanne die Gelenkrolle verlässt.

Die Achse der Gelenkrolle steht aber, wie schon gesagt, nicht ganz senkrecht auf der Medianebene, sondern ihr laterales Ende ist etwas nach vorn gerichtet, die des linken und rechten Gelenkes bilden also einen nach vorn offenen stumpfen Winkel. Die Folge davon ist 1. dass die Bewegung der Bandscheibe entweder, wenn sie eine reine Achsendrehung sein soll, so geschehen muss, dass sie sich bei Oeffnungsdrehung der Medianebene nähert, oder, wenn sie parallel der Medianebene bewegt werden soll, sich etwas schief zur Achse um dieselbe drehen muss; 2. würde bei alleiniger Oeffnungsdrehung der oberen linken Articulation der rechte Gelenkkopf des Unterkiefers nicht stillstehen können, sondern ein wenig, wie die vorderen Theile desselben, nach oben gehen müssen.

II. Die unteren Articulationen sind auch einfache Charniere, gebildet von dem Gelenkkopfe des Unterkiefers und der ihm als Pfanne anschliessenden unteren Fläche der Bandscheibe. Der überknorpelte Gelenkkopf des Unterkiefers ist ebenfalls deutlich in der Richtung von hinten nach vorn convex gekrümmt. Sein Sagittaldurchschnitt entspricht beinahe einem halben Kreise, dessen vorderes Ende bei geschlossenem Munde etwa in gleicher Höhe

mit dem Mittelpunkte scharf abgesetzt ist, während sich das hintere ganz allmählich in die ebenfalls noch glatt überzogene Hinterfläche des Gelenkfortsatzes verliert. Sein Radius ist immer kleiner als der des oberen Gelenkkopfes, aber auch wie jener zuweilen verhältnissmässig grösser, wenn die ganze Krümmung ein kleinerer Abschnitt eines ganzen Kreises ist. Die Drehungsachse liegt also im Gelenkkopfe des Unterkiefers bei geschlossenem Munde grade hinter dem vorderen Rand desselben und der Bandscheibe. Um sie dreht sich der Unterkiefer in der Bandscheibe.

Denkt man sich von der gewöhnlichen Stellung bei geschlossenem Munde ausgehend, dass die Oeffnungsdrehung der unteren Articulation geschieht, dass also der hintere anstatt des vorderen Theiles des Gelenkkopfes mit der Bandscheibe in Berührung tritt, ohne dass gleichzeitig die Bandscheibe ihre Stellung veränderte, so würde sich der Körper des Unterkiefers nach hinten und unten vom Oberkiefer entfernen, denn er würde sich dann nur um die stillstehende Achse seines Gelenkkopfes im entgegengesetzten Sinne, wie bei der Oeffnungsdrehung der oberen Articulation um die des tuberculum articulare (von rechts angesehen wie der Zeiger einer Uhr) drehen. Dadurch würde also der Mund geöffnet werden, aber nicht so, wie er es im Leben wirklich wird, sondern mit einem stärkeren Zurücktreten des Unterkiefers, wobei derselbe sehr bald an die Wirbelsäule angedrängt werden müsste.

Der Spielraum dieser Bewegung beträgt immer mehr als einen rechten Winkel. Er würde nach keiner Seite sehr plötzlich geschlossen sein, wenn nicht die Schliessungsdrehung die Zahnreihen zur Berührung brächte. Die Oeffnungsdrehung wird nur allmählig gehemmt, indem die Bandscheibe auf den hinteren Abhang des Gelenkkopfes kommt und je mehr sich dieser von der Achse entfernt, die Seitenbänder gespannt werden. Entschiedener aber und viel früher würde sie gehemmt sein, wenn die Oeffnungsdrehung, wie oben beschrieben, ohne gleichzeitige der oberen Articulation erfolgte, denn dann würde sehr bald der hintere Rand des Kiefers an der vorderen Wand des Gehörganges und der Kieferwinkel an den Wirbeln anstossen. Dies tritt aber nicht ein, wenn der Gelenkkopf des Kiefers bei der Oeffnungsdrehung gleichzeitig der Bandscheibe nach vorn folgt.

Die Achse der Gelenkrolle steht aber ebenfalls, wie schon gesagt, nicht ganz senkrecht auf der Medianebene, sondern auch ihr laterales Ende ist etwas nach vorn gerichtet, daher, wie man an

jedem Kiefer deutlich sehen kann, die beiden Gelenkköpfe desselben einen nach vorn offenen stumpfen Winkel mit einander bilden. Daraus wird zwar hier keine Verschiebung des Kiefers im Ganzen gegen die Medianebene erfolgen, da er selbst die Achse dieser Drehung trägt; aber ebenso wie bei den oberen Articulationen ein kleiner, mit der Drehung um die dem rechten und linken Gelenkkopfe gemeinsame Querachse sich verbindender Antheil einer für rechte und linke Seite nicht gemeinsamen um sagittale; und zwar würde sie, da die Abweichung der Achse des Gelenkkopfes von der queren Richtung die gleiche ist, wie bei der des tuberculum articulare, auch in der unteren Articulation jeder Seite bei Drehung im gleichen Sinne eben so ausfallen, wie in der überliegenden Articulation. Da aber die sich regelmässig mit einander combinirenden Bewegungen (Schliessungs- und Oeffnungsdrehungen) der oberen und unteren Articulationen Drehungen im entgegengesetzten Sinne sind, so ist die Drehung um die sagittale Achse für beide gleichzeitig eine entgegengesetzte, so dass er sich compensirend aufhebt. Bei alleiniger Oeffnungsdrehung der linken unteren Articulation würde der rechte Gelenkkopf etwas nach unten gehen.

Wie sich die in Folge der schief gegen die Medianebene gerichteten Lage der Achsen jedes Gelenkkopfes mit der Vor- und Zurückbewegung jeder einzelnen Articulation verbundenen Drehungsantheile um sagittale in der Combination der Einzelbewegungen aufheben, so auch die an sich nicht unbedeutenden Unregelmässigkeiten, die die Bewegung durch die nicht seltenen Variationen ihrer Krümmung in der Richtung von hinten nach vorn, Knickungen und Abflachungen (vgl. Taf. III. Fig. 3. 4.) erleiden müsste, und auch hier hilft die Elasticität der Bandscheibe. Wenn sie auf eine plötzlichere Knickung des oberen Gelenkkopfes kommt, wird sie andererseits einer flachen Stelle des unteren anpassend gebogen und umgekehrt.

§. 33. **Combinirte Bewegungen.**

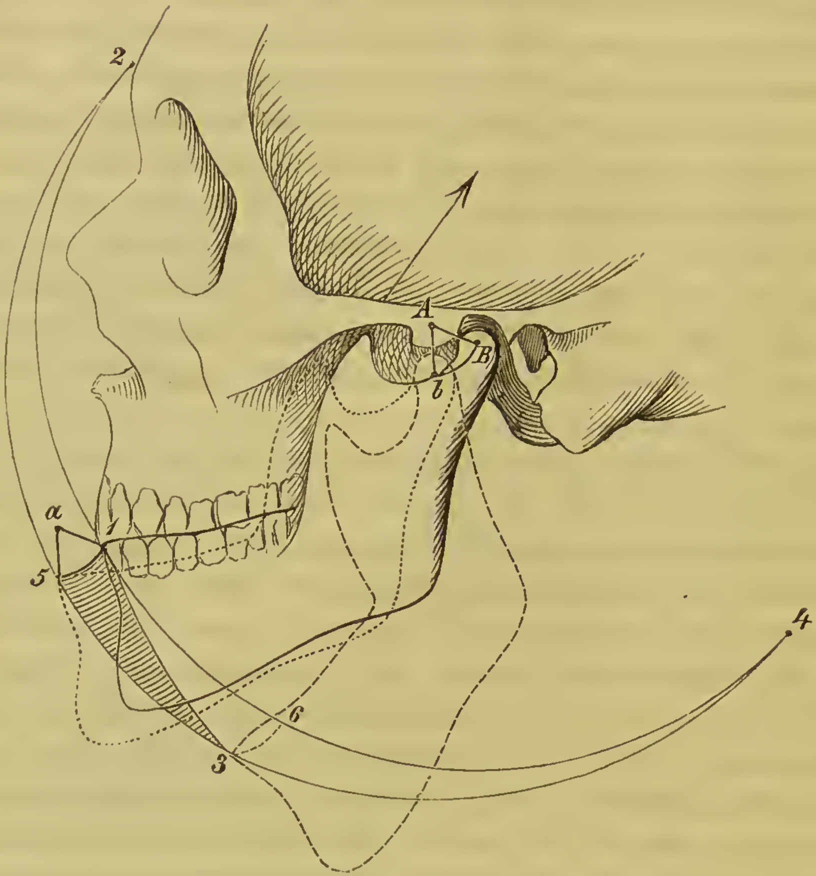
Durch Combinationen der Drehungen in den einzelnen Articulationen des Schädels, der Bandscheiben und des Unterkiefers kommen resultirende Bewegungen des letzteren zu Stande. Die unmittelbare Anschauung hat längst drei Hauptarten derselben unterschieden: 1) Oeffnung und Schliessung des Mundes, 2) Vorstreckung und Zurückziehung des Kiefers, 3) Bewegung desselben zur Seite, zwischen denen es aber continuirliche Uebergänge gibt. In diesen sind keineswegs die äussersten denkbaren Fälle verschiedener Zusammensetzung des grossen Spielraumes der einzelnen Articulationen enthalten, sondern in allen drei Fällen und ihren

Zwischenstufen kehrt die schon in der bisherigen Bezeichnung für Einzelbewegungen ausgedrückte Art der Combination wieder, bei welcher die obere und untere Articulation, die das Gelenk einer Seite zusammensetzen, immer zugleich Oeffnungsdrehung oder Schliessungsdrehung machen, daher denn, da die hiernach gleichnamigen Drehungen, wie wir gesehen haben, entgegengesetzte Richtung haben, ein sehr grosser Theil des Ausschlages beider sich gegenseitig aufhebt. Damit hebt sich auch, wie ebenfalls schon aus dem vorigen hervorgeht, die in oberen und unteren Articulationen für sich allein mit der Hauptbewegung nothwendig verbundene Drehung um sagittale Achsen immer hinreichend vollständig auf, um sie bei dem geringe Differenzen ausgleichenden Einflusse der Elasticität der Bandscheibe neben einander geschehen lassen zu können.

Bei den beiden ersten Arten combinirter Bewegung, bei Oeffnung und Schliessung des Mundes und bei Vorstreckung und Zurückziehung des Unterkiefers ist ausserdem immer die Drehung der oberen und unteren Articulation der einen Seite der der anderen ganz gleich, daher der Kiefer sich ohne alle Verschiebung gegen die Medianebene bewegt, alle Punkte an ihm sich in sagittalen Ebenen bewegen. In Folge dessen ist es bei der als vollständig zu betrachtenden Compensation der Antheile von Drehung um sagittale Achsen in den einzelnen Articulationen, auch hier ganz zulässig von der Schiefheit der Achsen derselben ganz abzusehen. Es ergibt sich so ein Profil- oder Sagittalschema, in welchem die Drehungsachsen aller vier Articulationen als zur Medianebene senkrecht gedacht werden. Damit fallen dann von selbst die beiden oberen und die beiden unteren Articulation beider Seiten zu je einer mit gemeinsamer Querachse zusammen. Dies macht in der resultirenden Bewegung gar keinen Unterschied, so lange sie wirklich gleich grosse Drehungen machen und ihre unterscheidenden Nebendrehungen sich aufheben, so dass es eben so gut ist, als geschähen überhaupt nur Drehungen um die den oberen und die den unteren gemeinsame Querachse. An einem solchen Schema lässt sich auch am besten die Fülle der Combinationen erkennen, die möglich wären, wenn obere und untere Articulationen ihren ganzen Spielraum beliebig abwechselnd durchlaufen könnten, wonach sich dann jene beiden ersten wirklichen Combinationen leicht als Theil dieser denkbaren verstehen lassen. Verfolgt man z. B. den Weg, den die Spitzen der mittleren Schneidezähne durch-

laufen würden, wenn die oberen und unteren Articulationen nach einander allein Oeffungsdrehung und Schliessungsdrehung machen

Fig. 25.



könnten, so ist klar, dass, wenn von voller Schliessung ausgehend zuerst der Kiefer mit der Bandscheibe um die Achse des tuberculum articulare, A, so weit als möglich zur Oeffung, also vorwärts, mithin die Achse des Gelenkkopfes von B nach b sich drehte, die Schneidezahnspitze von 1 nach 2 käme; ferner, wenn sich nun der Kiefer um die vorgerückte Achse seines Gelenkkopfes, b, so weit als möglich abwärts drehte von 2 nach 3; desgleichen, wenn sich nun Kiefer und Bandscheibe wieder um die Achse des tuberculum, A zur Schliessung zurückdrehten, von 3 nach 4; und endlich, wenn der Kiefer nun auch um die damit von b nach B zurückgekehrte Achse seines Gelenkkopfes wieder aufwärts gedreht würde, wieder von 4 nach 1. Offenbar schliesst das mondsichelähnliche Viereck 1. 2. 3. 4, welches die 4 so von der Schneidezahnspitze zurückgelegten Kreisbogenstücke umschreiben, alle Stellungen ein, welche dieselbe durch wechselnd combinirte Bewegungen beider Articu-

lationen möglicher Weise erreichen könnte. Es kommt aber davon nur ein kleiner Theil wirklich in Betracht. Denn die Schneidezähne können natürlich eben so wenig nach 4 wie nach 2 kommen, weil hier der Gesichtsschädel, dort die Halswirbelsäule im Wege steht. Die äussersten Grenzen beinahe des für die zulässigen Variationen der Bewegung eines Punktes in der Medianebene werden bezeichnet durch die Bahnen, die er bei reiner Oeffnung und Schliessung des Mundes und bei einer Verschiebung und Zurückziehung des Kiefers durchläuft.

Der Inbegriff der zwischen diesen eingeschlossenen Verschiebungsmöglichkeiten eines Punktes, z. B. der Spitze des Schneidezahnes, stellt den für diesen bereits von Langer (Das Kiefergelenk des Menschen. Sitzungsberichte der Akad. zu Wien. Math. natw. Kl. Bd. XXXIX.) direkt ermittelten Verkehrsraum desselben dar, wie er in Fig. 25. durch Schraffirung vor dem übrigen Viereck des bei voller Erschöpfung der Combinationen denkbaren Bewegungsspielraums ausgezeichnet ist. Doch sind wohl auch noch mässige Ueberschreitungen desselben nach hinten möglich.

I. Bei Oeffnung und Schliessung des Mundes combiniren sich Oeffnungs- oder Schliessungsdrehungen aller vier Articulationen so, dass sie alle gleichzeitig gleiche Bruchtheile ihres Spielraumes durchlaufen, also auch von äusserster Schliessungsstellung ausgehend alle gleichzeitig in äusserster Oeffnungsdrehung ankommen und umgekehrt. Da nun der ganze Spielraum der unteren Articulationen beträchtlich grösser ist als der der oberen, so überwiegt ihr drehender Effect und gibt für die resultirende Bewegung den Ausschlag. Denken wir in allen die volle Bahn der Bewegung durchlaufen, so ist der Erfolg aus der vorigen Uebersicht aller möglichen Bewegungen leicht zu entnehmen. Durch Uebergang der oberen und der unteren Articulationen aus voller Schliessung in volle Oeffnung gelangte die Schneidezahnspitze von 1 nach 3, und umgekehrt. Wenn wir uns dachten, dass beide Articulationen zu diesem Ende einzeln nach einander ihre volle Drehung gemacht hätten, so musste sie von 1 oder 3 erst nach 2 oder 4 und von da dann erst nach 3 oder 1 gelangen. Wenn sich aber die Drehungen beider auf alle Theile des Verlaufs der Gesammtbewegung gleichmässig vertheilen, so geht sie in der kurzen Diagonalbahn mitten durch das Kreisviereck zwischen 1 und 3 hin und her. Der drehende Effect der Oeffnungsdrehung der oberen Articulationen tritt als solcher nicht hervor und hat, wie aus der Vergleichung der Stellung des Kiefers bei offenem und geschlossenem Munde leicht zu ersehen ist (vgl. Taf. III. Fig. 5.), nur den Erfolg, dass die neue

Lage aller Punkte des Unterkiefers um eben so viel als die der Aehse seines Gelenkkopfes selbst, weiter nach vorn liegt, als wenn er sich einfach nur um diese quere Aehse ohne Vorrücken derselben abwärts gedreht hätte. Die zusammengesetzte Einrichtung des Kiefergelenks hat also für die einfache Bewegung des Aufsperrens und Zubeissens die Folge, dass die Richtung derselben mehr grade auf- und abwärts geht, als wenn sie durch ein einfaches Charnier vermittelt würde, dass die unteren Zähne in der drehenden Annäherung an die oberen beim Zubeissen etwas zurückgezogen werden, wodurch die scheerenartige Wirkung ihres Zusammenschliessens verstärkt wird. Ferner aber wird dadurch besonders die Beengung des Raumes zwischen dem Unterkiefer und der Wirbelsäule vermieden, in welchem sonst bei jeder Oeffnung des Mundes die Weichtheile zusammen gepresst werden müssten.

Man sieht bei Vergleichung der Lage des Kiefers bei offenem und geschlossenem Munde, dass die seines hinteren Randes in beiden Fällen sich etwa in der Mitte kreuzt, da bei Oeffnung der Gelenkkopf vorwärts, der Kieferwinkel rückwärts von der Ruhelage verschoben ist. Zwischen beiden liegt eine Stelle, die zwar nicht wirklich still steht, aber doch die geringsten aus der Drehung beider Articulationen resultirenden Verschiebungen erleidet. Es ist daher wohl begreiflich, wie Hyrtl (Topogr. Anat. I. S. 298.) und nach ihm H. Meyer darauf kommen konnten, hier eine bei dieser Bewegung stillstehende Achse zu suchen und es behält auch, wenn eine solche im strengen Sinne nicht existirt, doch seine Bedeutung, wenn ersterer deshalb den Eintritt des Nerven in den Kiefer in dieser Gegend als den günstigsten erkennt um Zerrungen desselben zu vermeiden.

II. Bei Vorstreckung oder Zurückziehung des Unterkiefers combiniren sich Schliessungs- oder Oeffnungsdrehungen aller vier Articulationen so, dass sie nicht verhältnissmässige Antheile ihres ganzen Spielraumes sondern gleich grosse Drehungswinkel gleichzeitig zurücklegen, dass also, wenn die obere Articulation ihren ganzen Spielraum durchläuft, von dem grösseren der unteren noch etwas übrig bleibt. Denken wir die Bewegung von voller Schliessung aus bis zu diesem Ende geführt, so wird z. B. die Schneidezahnspitze eben so weit kommen, als wenn sie erst, wie oben gezeigt (Fig. 25.) von 1 nach 2 um A aufwärts und dann um b nur um eben so viel abwärts gedreht wäre, also bis zum Punkte 5 der gegen 1 entsprechend liegt, wie b gegen B. Jeder Punkt des Kiefers wird eben so viel um die Achse des Gelenkkopfs aufwärts, wie um die des tuberculum articulare abwärts gedreht, gelangt also in eine neue Stellung, die nur so viel vor der alten liegt als jene Achse durch die Drehung um diese vorgerückt

ist. Der ganze Kiefer nimmt also eine seiner früheren parallele, nur etwas vorgeschobene Stellung ein und, wenn die beiden Drehungen, die sich so in ihrem eigentlich drehenden Effect einander ganz compensiren, auch durch die ganze Bahn des Verlaufs zu gleichen Theilen verbunden werden, so beschreibt jeder Punkt des Kiefers nur einen kleinen Kreisbogen, welcher dem, in welchem sich die Achse des Gelenkkopfes um die des tuberculum drehen kann, B b, congruent ist, z. B. 1—5 mit dem Mittelpunkte a. Ist nun so der Kiefer so weit als möglich vorgeschoben, so ist die Bandscheibe so weit wie bei voller Oeffnung des Mundes auf dem tuberculum articulare vorgerückt, der Gelenkkopf des Kiefers aber kann sich in ihr nun wieder noch um so viel weiter zur Oeffnung drehen, wie der Spielraum der unteren Articulation grösser ist als der der oberen. So kann dann also der Unterkiefer durch einfache Drehung um die nun stillstehende Achse seines Gelenkkopfs aus der vorgestreckten Stellung in die volle Oeffnung des Mundes übergehen. Die Vorstreckung ist gleichsam ein Theil der Oeffnung des Mundes, ganze Oeffnung der oberen und dieser gleiche, also noch nicht ganze der unteren Articulation. Wenn der Mund geöffnet, ist der Kiefer auch vorgestreckt. Er könnte auch von da zurückgeschoben werden, indem dann wieder Schliessungsdrehungen gleicher Grösse sich verbänden und sich compensirten. So käme die Schneidezahnspitze von 3 nach 6, von wo sie durch den Rest einer Schliessungsdrehung der unteren Articulation nach 1 zurückgehen könnte. Dies ist aber schon nur sehr wenig und nur sehr gewaltsam möglich, weil dabei der hintere Rand des Kiefers in unangenehme Berührung mit den hinter ihm liegenden Theilen kommen würde.

Aus dem vorigen ist leicht ersichtlich, dass die beiden bisher besprochenen Combinationsverhältnisse der Einzelbewegungen, welche rein ausgeführt Vorstreckung und Senkung des Kiefers ergeben, zu allerlei Zwischenstufen sich stückweise wechselnd oder continuirlich verbunden, zusammensetzen können. Dabei kann die Schneidezahnspitze sich allseitig in dem dreieckigen Raume bewegen, den die Bahnen umgeben, welche sie beschreibt, wenn sie von Schliessung zu Vorstreckung und Oeffnung und von jener zu dieser übergeht. Es besteht aber trotzdem ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden bisher definirten Arten der Combination. Wenn durch die überwiegende Drehung um die untere Achse der Kiefer beträchtlich auf- oder abgeht, so kann dies natürlich, da der Kiefer ein festes Ganzes ist, nur auf beiden Seiten zugleich geschehen, wobei

also linke und rechte Articulationen sich in dieser Combination gleich bewegen. Die kleine Verrückung nach vorn und unten aber, welche aus gleich grosser Drehung um die obere und untere Achse hervorgeht, kann sich in Folge der elastischen Dehnbarkeit des Mechanismus so weit modificiren, dass sie auf einer Seite ohne gleiche Betheiligung der anderen ausführbar wird. Dies gibt die dritte Combination.

III. Bei der Seitenbewegung des Kiefers geschieht nämlich auf der einen Seite in beiden Articulationen fast genau dasselbe, wie wenn der Kiefer vorgestreckt oder zurückgezogen würde, während die der anderen wesentlich stillstehen, oder selbst die entgegengesetzte Bewegung machen. Wenn z. B. das Kinn von gewöhnlicher medianer Ruhelage aus nach links geht, so drehen sich beide Articulationen der rechten Seite um gleiche Winkel zur Oeffnung. Auf der linken Seite dagegen bleibt die Bandscheibe vollkommen mit denselben Theilen beider Gelenkflächen in Contact wie bei ruhiger Schliessungsstellung, der Gelenkkopf entfernt sich nicht aus der Vertiefung zwischen dem tuberculum articulare und der Vorderwand des Gehörganges. Er muss sich aber in ihr ein wenig um eine senkrechte Achse drehen, wenn die gegenüber liegende Kieferhälfte sich nach vorn bewegt, und letzteres kann dann ebenso nothwendig nicht wie bei der Vorstreckung in rein sagittaler Bahn geschehen; sondern dieselbe muss etwas vor- und medianwärts liegen. Beides kann sehr wohl geschehen. Die Drehung des stillstehenden Gelenkkopfes um die senkrechte Achse, welche bei der relativ grossen Entfernung von dem nur etwa einen halben Zoll vorrückenden der andern Seite nur sehr gering zu sein braucht, wird durch die Elasticität der Bandscheibe vollkommen zulässig und ausserdem durch seine in allen Richtungen etwas convex-abgerundete Form begünstigt. Die Bahn des Vorrückens auf der andern Seite kommt nun aber erst recht rein senkrecht zu den etwas schief gerichteten Drehungsachsen der Gelenkköpfe zu liegen, während die Hebung und Senkung der anderen Seite, welche die Drehung um beide bewirken würde, sich auch hier wie bei den anderen Combinationen gegenseitig compensiren. Eben so zulässig, nur etwas anders verbunden sind dieselben Hauptdrehungen mit denselben kleinen Abweichungen vom gewöhnlichen Gange, wenn von beiden schon vorgerückten Gelenkköpfen der eine zurückgeht. Er bewegt sich dabei in sagittaler Bahn, dreht sich aber zugleich etwas um eine senkrechte Achse, während der andere ohne wesent-

liche Umdrehung um die Achsen der Gelenkköpfe vorn stehen bleibt, aber ein wenig über dieselben hin medianwärts rückt. So kann endlich auch beides zugleich geschehen, der eine Gelenkkopf vor, der andere zurück gehen, auf der einen Seite also beide Articulationen gleich grosse Oeffnungsdrehungen machen, auf der anderen gleich grosse Schliessungsdrehungen. Natürlich kann aber diese Combination als nur einseitige Vorstreckung oder Zurückziehung nur dann möglich sein, wenn diese überhaupt geschehen kann, also nicht von vollkommener Oeffnung aus. Aufwärts von dieser wird aber ebenso wie dies für reine Vor- und Zurückziehung schon gezeigt ist, auch für die einseitige der Spielraum immer grösser.

Wenn die ausgiebigste Verschiebung von einer Seite zur anderen, wie gesagt, dadurch möglich ist, dass der eine Gelenkkopf vor- und zugleich der andere zurückgeht, so wird doch factisch meist nur die einseitige Vor- und Zurückschiebung bei ruhendem Kopfe der anderen Seite ausgeführt. Wenn man mit den linken Backzähnen kaut, so geht nur der rechte Gelenkkopf vor und zurück, der linke steht still, die unteren Backzähne gehen also nur seitwärts von den oberen ab und kehren nur bis gerade unter dieselben zurück.

Aus allen drei Arten von Combination der einzelnen Drehungen und ihren Uebergängen oder Verbindungen ergibt sich eine Beweglichkeit des Unterkiefers, die vorzüglich von der ruhig geschlossenen Haltung aus vor- und seitwärts, am meisten aber abwärts freien Spielraum hat, von der Oeffnung des Mundes aus aber immer zunächst nach oben gerichtet ist und erst damit allmälig auch nach den anderen Richtungen wieder an Ausdehnung gewinnt. Das Gemeinsame in allen Variationen derselben ist, dass sie alle durch Drehungen der einzelnen Gelenke in entgegengesetztem Sinne zu Stande kommen, die sich grossentheils oder fast ganz ausgleichen, so dass grosse Achsendrehungen, an mehreren Contactstellen nur verhältnissmässig sehr kleine Ausschläge des zu bewegenden Knochens ergeben. Es ist gewiss nicht ohne Werth für die Feinheit der kleinen Bewegungen beim Sprechen, dass so, wie an allen feinen Instrumenten, aus grossen Antheilen einer Verschiebung zwischen einzelnen Stücken des Mechanismus nur verkleinerte der Punkte, auf deren Stellung es schliesslich ankommt, hervorgehen.

§. 34. **Wirkung der Muskeln.**

Einfach wie sich die Bewegungen der Articulationen des Kiefers bei seiner typischen Hauptaction, beim Beissen, zusammensetzen,

werden sie auch wesentlich gemeinsam durch einfache starke Muskeln eingeleitet, die zunächst und vorzüglich die den Hauptausschlag entscheidende Drehung der unteren Articulationen angreifen. Nur wenigen lässt sich eine mehr ausschliessliche Wirkung auf die obern beilegen und diese macht sich mehr bei den Bewegungscombinationen geltend, in denen die Drehung der unteren nicht überwiegt und nur das Vorrücken des Gelenkkopfs durch die der oberen deutlich hervortritt. Der m. pterygoideus externus bewirkt so rein ausschliesslich, wie möglich, die Oeffnungsdrehung der oberen Articulation, indem seine Fasern theils die untere auch gar nicht überspringend an der Bandscheibe, theils am Gelenkkopfe nahe der Achse desselben angreifen und ihn nach vorn ziehen. Er wirkt also beiderseits sowohl bei der Mundöffnung als bei der Vorstreckung des Kiefers und einseitig bei Seitenbewegung. Sein Antagonist, also Schliessungsmuskel für die obere Articulation ist in den beiden letzteren Fällen der m. biventer mandibulae, der den Kiefer, wenn er mit der Bandscheibe nach vorn gerückt ist, wieder zurückzieht, und zwar beiderseits, wenn er vorgestreckt war, einerseits, wenn er nach der anderen Seite hinüberbewegt war, sodass also bei voller Bewegung von rechts nach links, rechter pterygoid. ext. und linker biventer zusammenwirken und umgekehrt. Er könnte freilich daneben auch auf Oeffnungsdrehung der unteren Articulationen wirken, doch dies wird die geringste Spannung in den grossen Kaumuskeln leicht hindern und es bleibt die günstigere Wirkung auf die Rückwärtsbewegung der Bandscheibe rein übrig. Aber bei der Schliessung des geöffneten Mundes würde er allerdings wohl die eine der componirenden Drehungen eben so hindern, wie die andere fördern, daher auch bei dieser Bewegung seine beiden Endpunkte gleich weit von einander bleiben. Er wird also bei der Hauptbewegung gar nicht mitwirken, es sei denn um, wenn der Kiefer sich wieder hebt, auch die Zunge und den Kehlkopf, auf die überhaupt jedenfalls seine Hauptwirkung geht, wieder an den Gaumen zu drücken.

Das Oeffnen und Schliessen des Mundes ist nun aber ein ausgezeichnetes Beispiel einer Drehbewegung, auf die im einen und anderen Sinne sehr ungleiche Muskelkräfte einwirken können. Denn das Oeffnen ist, abgesehen von der Vorziehung des Gelenkkopfes durch den m. pterygoideus ext., die auch hierbei stattfindet, beinahe ein reines Herabfallen, das nur durch die langen dünnen Muskeln vorn am Halse, welche mehr noch andere Wirkungen haben, unter Umständen verstärkt werden kann. Zur Schliessung

dagegen greifen die grossen Kaumuskeln mm. temporalis, masseter und pterygoideus int. kräftig und in sehr günstigen Richtungen an und bewirken die dazu gehörigen Drehungen in oberen und unteren Articulationen. Sie ziehen ihre verschiedenen Ansatzpunkte in den verschiedenen Richtungen an, nach welchen sie sich gleichzeitig hinbewegen müssen. Die Spitze des proc. coronoides z. B. muss einen Weg durchlaufen, der in Fig. 25. etwa seinem in Ruhe gedachten vorderen Rande entspricht, und zu diesem ist die Zugrichtung des m. temporalis, wie sie der Pfeil an der Schläfe zeigt, etwa tangential. Am unmittelbarsten greifen sie aber alle die Drehung der unteren Articulationen an und am günstigsten ist ihre Lage bei der Schliessung nahen Stellungen, daher die Gewalt des Zubeissens bei sehr weiter Oeffnung zuerst viel geringer ist, mit der Annäherung der Zähne bedeutend zunimmt. Denkt man sich die Richtung, in welcher die Muskeln ihre Ansatzpunkte am Unterkiefer emporziehen, bei einer der Schliessung nahen Stellung, so ist klar, dass dieselbe mit der von dem Angriffspunkte zur Achse des Gelenkkopfes gezogenen Linie ziemlich grosse Winkel bilden, also mit einer grossen Componente ihrer Kraft die untere Articulation nach oben drehen (einen grossen idealen Hebelarm für diese Drehung haben). Der Rest aber drückt von dem Angriffspunkte aus gegen die Achse des Gelenkkopfes und schiebt ihn mit der Bandscheibe nach oben und hinten, macht also die Drehung um die obere Achse. Ist aber der Mund weit offen, rückt der Gelenkkopf vor und kommen dagegen die Ansatzpunkte der Muskeln mehr nach hinten, so wird, namentlich für die beiden unteren, der Winkel, den ihre Zugrichtung mit der Verbindungslinie des Angriffspunktes und der Achse, ihrem Hebelarm, machen, und also auch die Componente, mit der sie um dieselbe drehen (oder ihr idealer Hebelarm für dieselbe), viel kleiner, und zugleich kommt auch die Richtung des Druckes, den sie gegen die Achse des Gelenkkopfes hinauf ausüben, mehr und mehr in die Verbindungslinie derselben mit der oberen, kann also auch mehr nur noch die Gelenkköpfe gerade gegen einander drücken, als den einen über den anderen hin zurückschieben. Es kann auf diese Weise bei übermässiger Oeffnung des Mundes so weit kommen, dass die Kaumuskeln gar nicht mehr auf die Schliessung desselben wirken können. So kann schon ohne eigentliche Luxation Mundsperre eintreten.

Wegen des Näheren über die Wirkung der Muskeln muss ich auf meinen Aufsatz über dieses Gelenk (Zeitschr. f. rat. Med. III. Reihe Bd. VIII. S. 76.) verweisen.

§. 35. Luxation des Unterkiefers.

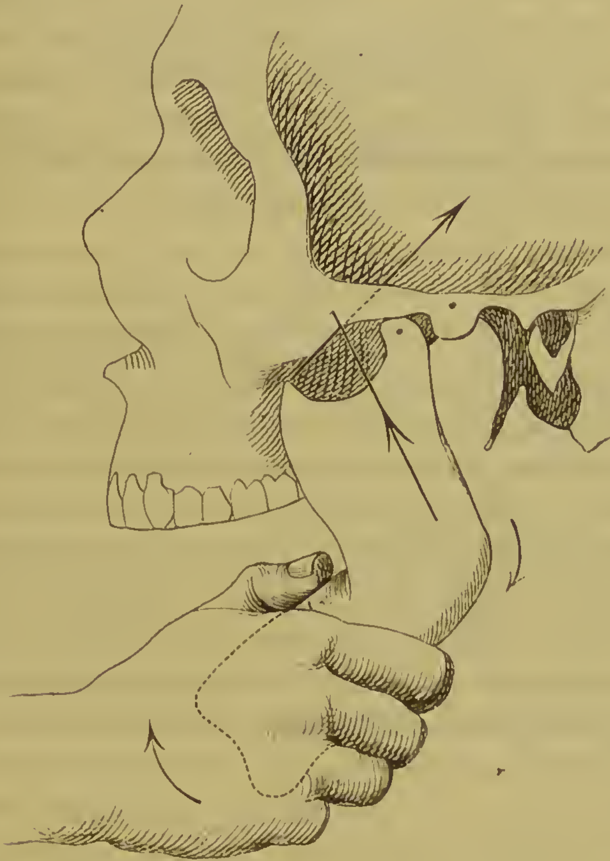
Die Luxation des Unterkiefers, wobei sein Gelenkkopf vor den des Schläfenbeines in die Schläfengrube tritt, die einzige, welche überhaupt vorkommt (und denkbarer Weise vorkommen kann), ist eins der reinsten Beispiele von einfacher Abwickelung eines offenen Gelenkes über die Grenzen seiner normalen Bewegung bis zu vollständigem Aufhören des Contactes in den vollkommensten Fällen, wovon aber viele geringere Vorstufen möglich sind. Sie entsteht durch, oder ist einfach eine übermässige Oeffnungsdrehung, zumal der oberen Articulation. Die Bandscheibe geht nach vorn über den freien Rand des Gelenkkopfes, auf dem sie hingleitet, und, wenn dies so weit gediehen ist, dass der ihr folgende Gelenkkopf des Unterkiefers nicht mehr die feste Stütze des tuberculum articulare gegenüber hat, so tritt er vor demselben hinauf und die Bandscheibe wird halb oder ganz zwischen ihnen hinauf eingeklemmt, also von ihrem oberen Gelenkkopfe entfernt. Die verschiedenen Grade, die diese Verschiebung bei mehr oder weniger Erschlaffung oder Zerreissung der hinteren oberen Gelenkkapsel erreicht, geben die leichteren und schwereren Formen der Mundsperre oder wahren Luxation. Auch in dem unteren Gelenke wird gleichzeitig übermässige Oeffnungsdrehung eintreten, der Contact der Bandscheibe also auf dem Gelenkkopfe des Unterkiefers übermässig nach hinten sich verschieben; aber diese übermässige Abwickelung kann nie so entscheidend plötzlich zu grösserer Dislocation führen, wie jene, da die Articulation nicht offen ist, da die Verschiebung vielmehr, nur bei dem allmäligen Hervorgehen des hinteren Randes vom Unterkiefer aus dem Abhange des Gelenkkopfes allmälig gehemmt wird. Die untere Pfanne der Bandscheibe ist noch mit einer Art von Fortsetzung des nach hinten nicht scharf begrenzten Gelenkkopfes in Verbindung; eine eigentliche Luxation findet also nur in der oberen Articulation Statt.

Die Möglichkeit einer übermässigen Oeffnung mag dadurch begünstigt werden, dass ein gewaltiges Gähnen mit nach hinten zurückgebogener Haltung des Kopfes verbunden zu sein pflegt. Denn ohne dies findet sie ihre vollkommenste Hemmung in der Andrängung des Kiefers gegen die Halswirbelsäule, zu der es dann aber nicht so schnell kommen würde.

Es ist nun leicht einzusehen, wie die Kaumuskeln bei vollkommener Luxation den Kiefer nicht nur nicht wieder in die Schliessung zurückführen können, sondern zum Theil sogar, wenn sie instinctiv doch in jener Absicht angestrengt werden, die abnorme

Stellung noch fixiren, die Reduction noch in hohem Grade hemmen müssen. Schon auf die Schliessungsdrehung der unteren Articulation könnten sie nur noch mit einer sehr kleinen Componente ihrer Kraft wirken, da der vorgeschobene Gelenkkopf sich den Linien, in welchen sie ziehen, sehr genähert hat. Diese könnte

Fig. 26.



aber auch allein zu nichts führen. Sie würde den proc. coronoides, oder den Ansatz des m. temporalis an ihm nur gegen den Rand andrängen, mit welchem der Jochbogen aus dem Oberkiefer hervorgeht. Zur Herstellung der Schliessungsdrehung der oberen Articulation aber, welche jener erst wieder vorhergehen müsste, zur Verschiebung der Bandscheibe über dem tuberculum nach hinten kann der m. temporalis nichts mehr thun; sein Zug drückt nur noch den unteren Gelenkkopf gerade an den oberen an, da beide Achsen derselben mit dem Angriffspunkte am proc. coronoides in Einer Linie liegen. Die beiden unteren Muskeln aber drücken den Gelenkkopf, der weit vor die Verbindungslinie zwischen ihrer Ansatzstelle und dem tuberculum verlegt ist, vielmehr mit voller Kraft

vor diesem hinauf in die Schläfengrube wie den proc. coronoides gegen den Jochbogen. Dieser Zug muss bei der Reduction überwunden werden, indem der Gelenkkopf vor dem tuberculum hinabgedrückt wird um dann wieder unter ihm nach hinten geschoben werden zu können. Gleichzeitig kann aber, um die Muskeln nicht unnöthig viel entgegen zu haben, der vordere Theil des Kiefers schon wieder gehoben und so eine der normalen Schliessung ähnliche Doppeldrehung, bei der nur die des Gelenkkopfes um die Achse des tuberculum nach hinten überwiegt, ausgeführt werden, wie es die beiden krummen Pfeile der Figur andeuten. Zu diesem Ende werden die Daumen der anfassenden Hände stark auf die Backzähne gestemmt, während sich die Handwurzel hebt..

Das viel besprochene Hinderniss für die Reposition, welches die Einhakung des Processus coronoides vor dem unteren Rande der Anheftung des Jochbeins an den Oberkiefer abgeben soll, angegeben von Nélaton, erscheint ganz verständlich, wenn man die Stellung der Knochen an einem macerirten Schädel nachahmt, und mag auch in der Praxis sich ganz plausibel darstellen, wenn man im Munde die Kante des Proc. unter dem Jochbogen vorspringen fühlt. So steht er aber immer, wenn man den Mund weit aufmacht, und wird sich da auch, wenn er noch etwas übermässig weit heraus kommt, doch im Leben schwerlich festhalten können. Denn, da er von der an ihm angehefteten starken Ansatzsehne des M. temporalis ganz umfasst ist, wird sich dieselbe, wenn er zu weit vordrängt, gespannt um den Jochbogenrand anlegen und es nicht zum Aufsteigen der Spitze vor demselben kommen lassen, ihn vielmehr kräftig zurückhalten. Eher liesse sich von der Fixirung dieser Knochenstellen gegeneinander vielmehr ein Vortheil für die Repositionsbewegung gewinnen, indem sie statt der Daumenspitze das Hypomochlion der Niederdrückung des Gelenkkopfes abgeben könnte.

Zweiter Abschnitt.

Arm und Hand.

§. 36. Uebersicht.

Die obere Extremität des Menschen zeigt die freiste Entfaltung einer allseitigen, zu dem verschiedenartigsten Gebrauche geeigneten Beweglichkeit in einer Folge von vielen einfachen Gelenken zwischen den einzelnen Abschnitten, von einer sehr lockeren Befestigung am Rumpfe herab bis zur Spitze der einzelnen Finger. Der Arm ist wie das Bein gleich am Anfange durch ein Kugelgelenk, dessen Kopf das obere Ende seines ersten Knochens ist, allseitig und noch freier als das Bein als Ganzes beweglich; um so mehr da auch die Knochen, welche die Pfanne dieses ersten Hauptgelenkes tragen, schon eine beträchtliche Verschiebbarkeit gegen das Rumpfskelet haben. In seiner Mitte kann er dann, wie das Bein, sehr vollkommen durch ein Gelenk mit einfacher, zu seiner Länge senkrechter Achse gebogen werden. Durch diese beiden Bewegungen kann sein unteres Ende, welches die Hand trägt, um den ganzen Körper herumgeführt werden. Die weiteren dienen der Bewegung der Hand an seinem Ende, die wieder als eine vollkommen allseitige erscheint, wie die des ganzen Armes in der ersten Verbindung mit dem Rumpfe. Sie kommt aber nicht, wie diese, in einem einfachen allseitig beweglichen Gelenk zu Stande, sondern zum Theil durch die den Arm vor dem Beine auszeichnende Beweglichkeit zwischen den beiden Knochen seines zweiten Abschnittes, deren einer allein die Hand trägt, und sich mit ihr gegen den anderen um eine der Länge des Ganzen entsprechende Achse drehen kann. Die Bewegung um verschiedene zu ihr senkrechte hat die Hand allein in den nahe verbundenen Gelenken, die ihre Wurzel mit dem Arme bildet. Dazu kommen dann endlich die

einzelnen Beweglichkeiten ihrer Endglieder, der Mittelhandknochen an beiden Rändern und sämmtlicher Fingerphalangen.

Die Betrachtung dieser Folge von Gelenken gliedert sich in vier natürlich auseinander fallende Kapitel, da sie zwar im Ganzen alle unabhängig von einander beweglich sind und eben dadurch die so vielseitige Anwendung der resultirenden Bewegungen zulassen, aber doch zu vier zusammenhängenden Gruppen zusammentreten. Zuerst ist die Beweglichkeit des Armes im Schultergelenk und der die Pfanne derselben tragenden Knochen am Rumpfe sehr übereinstimmend. Zweitens ist die einfache Verbindung des Oberarmes und Unterarmes zu einfacher Beugung und Streckung im Ellbogen anatomisch untrennbar von der der beiden Knochen des letzteren, in welcher der Radius mit der Hand um die Längsachse gedreht wird. Drittens sind die Gelenke der Handwurzel ein zusammenhängendes System kleiner Articulationen, die sich zwar zu zwei einfachen Gelenken zusammenschliessen, aber doch nicht vollkommen von einander trennen lassen. Die kleinen Gelenke der Mittelhand und Finger endlich sind zwar alle ganz unabhängig von einander, aber im Ganzen so einfach und einander ähnlich gebildet, dass man sie als vierte Gruppe den übrigen anhängen kann.

Erstes Kapitel.

Schultergürtel und Schultergelenk.

§. 37. Beweglichkeit des Schultergürtels.

Die freie Beweglichkeit des ganzen Armes gegen den Rumpf beruht zum grössten Theile auf der allseitigen Drehbarkeit desselben in dem ersten grossen Gelenke, durch welches er am Schulterblatte mit dem einfachen Gelenkkopfe des Oberarms eingesetzt ist. Das Schulterblatt selbst aber ist mit dem obersten Theile des Rumpfes in zwar stets sehr breiter, aber nicht sehr unbeweglicher Verbindung. Es bildet zusammen mit dem Schlüsselbeine einen die Krümmung der oberen Thoraxhälfte umfassenden Gürtel, der an dieser zwar nicht sehr genau regelmässig, aber doch in nahezu bestimmter Weise verschiebbar ist. Dadurch wird der freie Spiel-

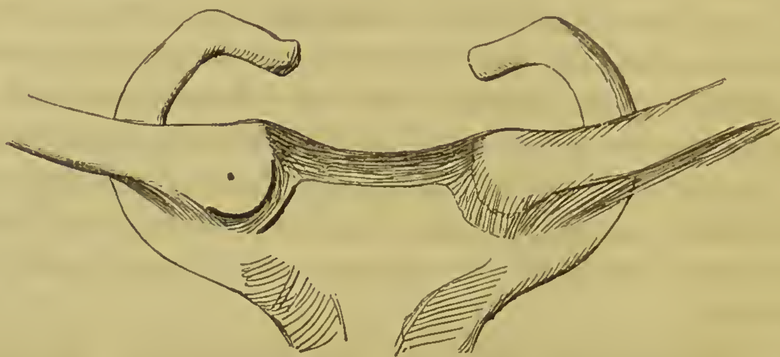
raum der Bewegung des Armes noch wesentlich vergrössert und eine Betrachtung dieser Beweglichkeit der Anheftungsstelle für den Oberarm ist desshalb der seiner Befestigung im Schultergelenke selbst vorauszuschicken.

Der Schultergürtel articulirt nur an einer kleinen Stelle unmittelbar mit dem eigentlichen Rumpfskelet. Das Schlüsselbein ist durch eine Art von Doppelgelenk mit einer Bandscheibe an der Seitenfläche vom obersten Ende des Brustbeines und in der Vertiefung zwischen dieser und dem Knorpel der ersten Rippe befestigt. Das Schulterblatt ist am Schlüsselbeine durch eine ähnliche Bandverbindung angehängt und liegt ausserdem nur lose verschiebbar der Hinterfläche des Thorax an. Daraus resultirt seine Beweglichkeit.

Das Schlüsselbeingelenk ist rein anatomisch betrachtet ein Doppelgelenk mit einer zwischen beiden Knochen eingeschalteten Bandscheibe, ähnlich dem Unterkiefergelenke. Die Bandscheibe ist eine faserknorpelige Platte, die sich so in die schräg von oben und der Mitte nach unten und der Seite abschüssige Spalte zwischen Brustbein und Schlüsselbein einlegt, dass sie beiden mit einer abgeglätteten Oberfläche anliegt. Ueber der Anheftung des Rippenknorpels an das Brustbein ist sie angewachsen, so dass der Grund der Vertiefung zwischen ihnen nur einen unverschiebbaren Ueberzug ihrer Fortsetzung hat, auf dessen oberer Fläche sich aber die glatte Gelenkspalte zwischen ihr und dem abgerundeten dicken Ende des Schlüsselbeins noch fortsetzt. Dasselbe articulirt also eigentlich mit dem Rippenknorpel mehr direct und nur am Brustbeine kann es sich bald mit, bald ohne die Bandscheibe gleitend hin und her schieben. Nun sind aber überhaupt die Oberflächen letzterer, sowie der ebenfalls aus Faserknorpel gebildete Ueberzug der ihr anliegenden Knochenflächen keineswegs immer so vollkommen auf einander abgeglättet und regelmässig gebogen, dass sie ähnlich dem Kiefergelenke zwei reine Diarthrosen mit einfach bestimmter Beweglichkeit darstellten, sondern die ganze Verbindung hat mehr den Charakter einer Syndesmose, in der sich regelmässig zwei grosse glatte Spalten der verbindenden Substanz ausbilden und dadurch die Beweglichkeit grösser wird, aber nicht minder doch immer noch allseitig elastisch unbestimmt. Nur die von rechts nach links convexe Krümmung des Schlüsselbeinendes, welche immer glatt verschiebbar auf dem vorderen Ende des Rippenknorpels und dem unteren der Bandscheibe liegt, bedingt eine etwas

regelmässigere Drehbarkeit desselben um eine durch ihren Mittelpunkt gehende etwa von hinten nach vorn gerichtete Achse. Diese ist auch die vorzüglich ausgebildete Beweglichkeit, Hebung und

Fig. 27.



Senkung des Schlüsselbeines. Ausserdem kann es dann aber vermöge der Elasticität des Faserknorpels und dessen Verschiebbarkeit am Brustbein auch ziemlich frei um senkrechte und quere gedreht werden, die durch den Faserknorpel gehen. Es hat also an sich eine ziemlich allseitige Beweglichkeit, wobei aber immer sein Sternalende, oder Punkte ganz dicht an demselben sich als stillstehend verhalten. Beschränkt ist von diesen an sich ziemlich gleich sehr möglichen Drehungen nur die vorangestellte Hebung und Senkung durch die Verbindung des Schlüsselbeines mit dem Thorax selbst. Die Senkung, auf welche die Schwere des Armes beständig hinwirkt, findet ihre Grenze am Aufliegen des Schlüsselbeinkörpers auf der ersten Rippe und ist ausserdem gehemmt durch Spannung des lig. interclāviculare, welches über den oberen Rand des Brustbeines hin zwischen den diesen überragenden Ecken der beiden Schlüsselbeine ausgespannt ist, sowie auch durch die der hier ebenfalls fester am Schlüsselbeine, unten dagegen, wie gesagt, an der Verbindung der Rippe mit dem Brustbeine angewachsenen Bandscheibe. Die Hebung ist nicht durch Knochencontact geschlossen, aber ebenfalls durch Spannung eines starken Bandes, des lig. costoclaviculare, das vom Rippenknorpel dicht neben der unteren Anheftung der Bandscheibe zum Schlüsselbeine schräg seitwärts ansteigt, und durch den in seiner unmittelbaren Fortsetzung liegenden m. subclavius unterstützt wird. Die anderen Bewegungen sind mehr nur durch den Antheil, den das Schulterblatt daran nehmen muss, beschränkt.

Ludwig (Physiologie I. Bd. S. 513) hat eine genauere Bestimmung der Krümmungsgesetze beider Contactflächen zwischen den Knochen und der Bandscheibe postulirt, und man sieht auch in vielen Fällen deutlich abgeglättete Biegungen an ihnen, die zur Aufsuchung eines mathematisch regelmässigen Typus ihrer Gestaltung einladen. Sie kehren aber bei verschiedenen Individuen so wenig constant wieder, dass man nach einiger Zeit mit Ermüdung von ihrer Untersuchung abstehen muss, wenn man nicht zu haltlosen Analogieen mit wenig nahe verwandten thierischen Organismen, wie etwa zu den Vögeln flüchten will, und es wird richtiger sein, wie Henle (Bänderlehre S. 67) es bereits ausgesprochen hat, bei der unbestimmten Definition dieses Mechanismus als einer schlaffen Syndesmose im Allgemeinen stehen zu bleiben und nur die von Ludwig bereits hervorgehobene Drehung nach der Krümmung des Schlüsselbeinkopfes von rechts nach links als eine etwas reinere Gelenkbewegung auszuzeichnen. Dies genügt auch vollkommen zur Erklärung der ebenfalls ziemlich unbestimmten Beweglichkeit der Schulter.

Das Schulterblatt ist am Schlüsselbeine angehängt durch eine Bandverbindung, die, wie die Anheftung des letzteren am Brustbeine, zwischen Diarthrose und Syndesmose, aber doch letzterer noch näher steht. Der schmale Rand der platten lateralen Endigung des Schlüsselbeines ist mit dem ihm ganz entsprechenden medialen des Acromion durch eine Faserschicht verbunden, in der sich stets Spalten finden. Sie wirkt aber als festes und doch Beweglichkeit zulassendes Verbindungsmittel rein durch ihre Elasticität und es wären also auch hier verschiedene Biegungen beider Knochen gegen einander gleich sehr zulässig, wenn nicht wegen der grösseren Ausdehnung der mit einander verbundenen Knochenrandflächen von hinten nach vorn nur die Drehung um eine so gerichtete Achse vorzugsweise zulässig, jede andere in höherem Grade beschränkt wäre. Durch diese Beweglichkeit kann der Winkel, den das Schlüsselbein mit der Fläche des Schulterblattes einschliesst, mit dem sie die Krümmung des Thorax umfassen, grösser oder kleiner gesperrt werden, so dass dadurch Bewegungen zulässig werden, wobei sich, wenn der ganze Gürtel ein festes Stück ausmachte, die Fläche des Schulterblattes von der des Thorax entfernen oder dieselbe eindrücken müsste. Beschränkt ist aber die Beweglichkeit zwischen Schlüsselbein und Acromion durch die zweite Verbindung des ersteren mit dem Schulterblatte auf der Wurzel des processus corocoides. Hier stösst es auf, wenn es der Vorderfläche des Schulterblattes genähert wird, während das kleine kurze Band, durch welches es hier befestigt ist, eine grössere Entfernung durch seine Spannung hemmt. Also verhält sich doch sehr annähernd der ganze Gürtel wie ein in sich unbewegliches Stück, das sich um die Anheftungsstelle des Schlüsselbeines am

Brustbeine allseitig drehen kann, so weit es die Anlagerung des Schulterblattes an der Krümmung des Thorax zulässt.

Die flache Aushöhlung der Vorderfläche des Schulterblattes, überzogen vom musc. subscapularis und die flache Wölbung der Hinterfläche des Thorax mit dem musc. serratus anticus major darauf sind durch ein sehr lockeres Bindegewebe verbunden, so dass sie ähnlich wie Pfanne und Kopf eines Gelenkes verschiebbar aufeinander liegen, nur natürlich weniger fest schliessend. Das Schulterblatt könnte sich demnach an sich auf dem Thorax um alle Achsen drehen die etwa mitten durch die Wölbung desselben gingen, namentlich also auch um alle, die etwa senkrecht zur Oberfläche desselben die Berührungsfläche beider durchsetzen. Auch davon aber wird es natürlich immer leicht etwas abweichen, da namentlich der laterale Rand, gestützt durch die Anstemmung des Schlüsselbeines gegen das Acromion, sich etwas von der Thoraxfläche abheben kann.

Die Bewegungen des ganzen Schultergürtels resultiren aus Drehungen des Schlüsselbeines um Achsen, die durch seinen am Brustbeine befestigten Gelenkkopf gehen, und den entsprechenden Verschiebungen des Schulterblattes auf der Thoraxfläche, wobei beide ihre gegenseitige Lage nicht viel zu verändern brauchen. Dies ist am vollkommensten der Fall bei Drehung um eine Achse, welche auf der Hinterfläche des Thorax, etwa in der Mitte des Schulterblattes senkrecht steht, also von hinten nach vorn und etwas nach der Medianebene hin gerichtet ist. Nur nach unten kann sie nicht so von der Horizontalen abweichen, wie sie müsste um auf der Fläche des Thorax genau senkrecht zu sein, wenn sie vorn durch das Gelenkende des Schlüsselbeins gehen soll. In diesem ist sie es aber auch, um die es sich am reinsten drehen kann. Denn es entspricht dieser Drehung die oben bereits hervorgehobene Hauptbewegung des Schlüsselbeines, seine Hebung und Senkung, und als Hebung und Senkung lässt sie sich auch für die Schulter bezeichnen. Denn die Ecke des Schulterblattes, welche das Gelenk trägt, folgt dabei dem Ende des Schlüsselbeines, an dem sie anhängt, auf- und abwärts und ebenso wird dadurch der Arm gehoben oder gesenkt, wenn wir ihn uns mit dem ihn tragenden Gürtel fest verbunden denken, oder der Spielraum seiner eigenen Bewegung in diesem Sinne ausgedehnt. Das ganze Schulterblatt dreht sich in der Ebene der Ausdehnung seiner Hauptplatte, die senkrecht und etwas schräg mit dem seitlichen Ende nach vorn

gerichtet steht. Wenn die Schulter in die Höhe geht, tritt die Spitze nach der Seite neben dem Thorax hervor; sie nähert sich dagegen der Mittellinie (den Dornfortsätzen der Wirbel) wenn die Schulter gesenkt wird. Bei Hebung der Schulter wird der nach der Seite gekehrte Rand des Schulterblattes unter dem Gelenke senkrecht gestellt, oder selbst mit seinem unteren Ende etwas seitwärts gerichtet, bei Senkung liegt der hintere Rand, die Basis etwa senkrecht über den Rippenwinkeln herunter, oder selbst etwas unten der Mittellinie zugewendet. Die ganze Bewegung ist sehr ausgiebig; sie vermehrt die Hebung des Armes in der bezeichneten Ebene reichlich um einen rechten Winkel. Es gibt wohl keine andere Bewegung zwischen Theilen des Skelets, deren gewöhnliche Mittellage so individuell verschieden wäre. Bei den meisten Menschen hängt die Schulter gewöhnlich in mässiger, bei manchen sogar in äusserster Senkung; andere dagegen tragen sie gewöhnlich gehoben, wobei der Arm doch herabhängen kann.

Daher kommt die grosse Verschiedenheit im Aussehen des Oberkörpers bei verschiedenen Personen. Denn nicht nur ist damit die äusserlich ins Auge fallende

Fig. 28 a.

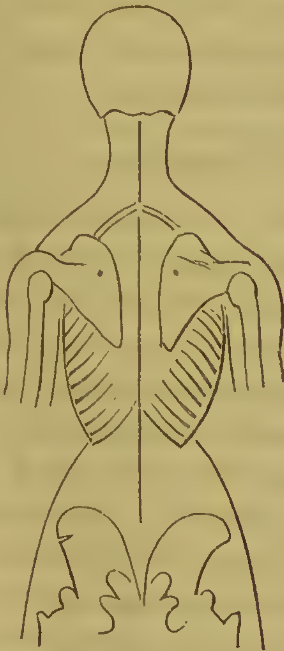
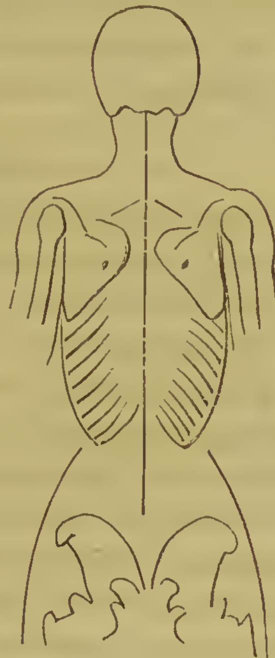


Fig. 28 b.



Grenze von Hals und Rumpf, welche die Breite der Schultern macht, eine höhere oder tiefere, der Hals scheinbar länger oder kürzer, sondern es wird auch ein grosser Theil des gebogenen Umrisses der Thoraxkrümmung, sowohl über als unter der Schulter, der bei gesenkter Stellung derselben sichtbar ist (Fig. a.), indem sie nur eben darüber hervor-

steht, bei gehobener verdeckt durch den dann rein horizontal von ihr zur Wirbelsäule herabgespannten musc. trapezius und den senkrecht neben dem Thorax herabgehenden Schulterblattrand, dem der Arm anliegt (Fig. b.).

Viel beschränkter sind die anderen Bewegungen des Schultergürtels, da sie mehr Veränderung in der Stellung beider Knochen zu einander fordern; theils freilich auch nur, weil, wie später noch zu zeigen sein wird, keine so ausgebildete Muskulatur zu ihrer Ausführung wirkt, wie für die Hebung und Senkung, daher sie doch, namentlich passiv auch ziemlich weit getrieben werden können. Das Schulterblatt kann sowohl der Drehung des Schlüsselbeines um eine senkrechte durch sein Brustbeinende gehende Achse folgen, indem es nach der Seite oder nach der Mitte um den Thorax herumgeschoben wird; dabei wird es im ersten Falle von der Thoraxfläche abgezogen, im letzten gegen sie angedrängt. Es folgt ebenso auch der Drehung um eine quere Achse, die vom Schlüsselbeingelenke aus vor oder an dem Schultergelenke vorbeigeht, indem es auf den Rippen auf und ab gleitet; dabei muss der Winkel, den es mit dem Schlüsselbeine macht, kleiner und grösser werden. Beide Drehungen dienen bei extremen Bewegungen des Armes in der Schulter zur Vergrösserung ihres Spielraumes, finden aber bald einen elastischen Widerstand an der Festigkeit der Acromialanheftung des Schlüsselbeins. Natürlich sind zwischen ihnen ausserdem verschiedene Uebergangsstufen möglich.

§. 38. **Beweglichkeit des Schultergelenks.**

Das Schultergelenk ist eine einfache Arthrodie. Der Oberarm passt mit einem kugeligen Gelenkkopfe in die Pfanne des Schulterblattes, kann sich also an diesem um alle Achsen drehen, die durch den Mittelpunkt der Kugel gehen. Das Gelenk vereinigt ausserdem in ausgezeichneter Weise die Bedingungen grosser Beweglichkeit und Festigkeit. Die eigentliche Pfanne ist sehr klein im Verhältniss zum Kopfe und beide sind nur durch eine sehr schlaffe Gelenkkapsel an einander geheftet. In der Umgebung dieses eigentlichen Gelenkes aber ist das dicke Ende des Oberarmes zugleich noch von einer weiteren pfannenartigen Höhle umfasst, die von den Fortsätzen des Schultergürtels über der eigentlichen Pfanne gebildet, und so viel weiter als diese ist, dass an ihren Rändern die des eigentlichen Gelenkkopfes nicht anstossen und dadurch an der Bewegung gehemmt sind, in der es aber doch wie in einem wirklichen Gelenkflächencontacte fest einschliesst,

da die Zwischenräume, welche es in derselben nicht erfüllt, durch Muskeln geschlossen sind, die zugleich das eigentliche Gelenk statt straffer Bänder rings umschliessen. Für die in der Schulter mögliche Bewegung kommt zunächst fast nur das Gelenk im engeren Sinne in Betracht.

Der glatt überknorpelte Gelenkkopf des Oberams ist etwa eine halbe Kugel von nicht ganz 1 Zoll Radius. Ihr Mittelpunkt liegt schon nicht ganz gerade über der Röhre des ganzen Knochens, sondern etwas mehr nach dem Rumpfe hin und noch mehr gilt dies von dem Scheitel der Halbkugel, mit dem sie bei senkrecht herabhängendem Arme eben so sehr nach der Medianebene hin als nach oben sieht. Die Ebene ihres Randes liegt schräg von der Seite nach der Mitte abwärts. Der obere Theil desselben ist von der dicken Rauhigkeit etwas überragt, welche der Gelenkfläche gegenüber den seitlichen Umfang des dicken Gelenkendes bildet und durch die Rinne, in welcher die lange Ursprungssehne des musc. biceps liegt, in das vordere kleine und hintere grosse tuberculum getheilt ist; der untere geht viel allmäliger in die dem Rumpfe zugekehrte Fläche der langen Röhre des ganzen Knochens über. Der Knorpelüberzug wird rings herum gegen die Ränder hin dünner und nicht weit davon hebt sich dann die Gelenkkapsel vom Ueberzuge des Knochens ab mit Ausnahme der Stelle, wo sie über die Rinne zwischen beiden tubercula herübergespannt ist und unter ihr die Sehnenscheide in derselben mit dem Gelenk communicirt.

Die Aushöhlung der Pfanne des Schulterblattes, in welche der Kopf des Oberarmes passt, ist ein viel kleineres Stück der Kugeloberfläche, in welcher sie sich einander berühren. Ihr grösster Durchmesser von oben nach unten entspricht etwa dem vierten Theile eines ganzen grössten Kreises, also etwa der Hälfte der ihm gegenüberliegenden des Gelenkkopfes. Von hinten nach vorn ist der Abstand ihrer Ränder noch kleiner. Der Mittelpunkt der Kugel, also auch der des Gelenkkopfes, liegt gerade unter der Spitze des Acromion. Die Mitte der Vertiefung der Pfanne sieht nach der Seite und etwas nach oben; nur bei der äussersten Senkung der Schulter kann ihr grösster Durchmesser etwa senkrecht zu stehen kommen. Der Gelenkkopf des herabhängenden Armes berührt sie mit seinem unteren Theile. Der Rand der Pfanne ist nicht ganz scharf abgesetzt, sondern geht in eine elastische Faserknorpellippe aus, in welche, umgekehrt wie am Gelenkkopfe auch

der rein knorpelige Ueberzug der Pfanne schon allmälig dicker werdend übergeht. Die Kapsel inserirt sich grösstentheils nahe dem Rande an dieser Lippe. Nur an der höchsten Spitze der Pfanne geht statt dessen der Ursprung der langen Sehne des musc. biceps aus ihr hervor und die Kapsel inserirt sich ein Stück rückwärts davon am Knochen.

Aus der Verbindung des kugeligen Gelenkkopfes mit der viel kleineren Pfanne, in die er passt, ergibt sich eine sehr freie Beweglichkeit des Armes um alle durch den gemeinsamen Kugelmittelpunkt beider gehende Achsen. Ein vollkommener Stillstand der Bewegung tritt nur ein, wenn eine über den Rand des Kopfes vorragende Knochenstelle den der eigentlichen Pfanne, oder auch ein entfernterer Theil des humerus einen der umgebenden Fortsätze am Schulterblatt berührt. Beides tritt fast nie ein. Die Ränder der eigentlichen Gelenkfläche kommen nur zum Schluss, wenn die Vorragung der tubercula über dem Gelenkkopf die Spitze der Pfanne des Schulterblattes erreicht, bei Hebung des Armes nach der Seite. Unter das Acromion kann sie eintreten. Der Schaft des humerus aber kann bei Erhebung nach hinten am Rande des acromion zum Anstossen kommen. Auch von Seiten der Bandbefestigung ist die Bewegung wenig beschränkt. Die Kapsel ist rings herum sehr lang und schlaff, so dass sie sich bei jeder Entfernung eines Randes der convexen Gelenkfläche von dem der concaven über grosse Strecken der ersteren hin ausspannen kann, bei Annäherung derselben in Falten geschlagen wird und bei mittleren Stellungen, in denen kein Theil ihrer Befestigung am Kopfe von der an der Pfanne sehr entfernt ist, auch ein beträchtliches Aufklaffen des Gelenkes zulassen würde, wenn dies nicht anderweitig verhindert wäre. Nur gerade über dem Gelenkkopfe geht von der Wurzel des proc. coracoides eine Verstärkung der Kapsel, lig. coracohumerale aus, die bei starken Bewegungen ihrer Anheftung am Arme nach hinten oder vorn hinderlich werden kann, auch bei der möglichsten Entfernung derselben seitwärts von der am Schulterblatte (Näherung des Armes an dessen Rand) zur Spannung kommen kann, letzteres aber nur, wenn die Berührung des Armes mit der Seitenfläche des Thorax ohnehin der weiteren Bewegung ein Ende macht. Ausserdem wird nun aber der Spielraum der Bewegungen in der Schulter nur noch durch die umgebenden Muskeln beschränkt, ist also stets ziemlich elastisch ausdehnbar.

Man kann die verschiedenen um den einzig festen Drehungsmittelpunkt der Schulter ausführbaren Bewegungen nicht streng von einander sondern, da Drehungen um die verschiedensten durch ihn gehenden Achsen in gleicher Weise zulässig und in der verschiedensten Weise combinirbar sind. Es scheint aber doch bequem zu einer Uebersicht des Ausschlages, der in verschiedenen Richtungen erreichbar ist, drei derselben zu unterscheiden.

Als erste Hauptbewegung in der Schulter, die vorzüglich regelmässig begrenzt, innerhalb dieser Grenze aber frei und kräftig ausführbar ist, kann die vorangestellt werden, welche der vorzüglichen Hauptbewegung auch des Schultergürtels entspricht und ihr entsprechend auch als Hebung und Senkung zu bezeichnen ist, Hebung und Senkung nämlich des Armes in einer Ebene die, wie etwa die Platte des Schulterblattes, tangential an der Hinterfläche des Thorax, senkrecht und von der Mitte zur Seite etwas vorwärts liegt, also Drehung um eine Achse, die durch den Mittelpunkt des Schultergelenks horizontal von hinten nach vorn und etwas nach der Mitte hin gerichtet ist, parallel der durch das Sternalende des Schlüsselbeines und senkrecht zur Hinterfläche des Thorax, mitten durch das Schulterblatt angenommenen, um welche sich dieses bei Hebung und Senkung der Schulter drehen kann. Man nennt diese Bewegung auch Ab- und Adduction. Denn bei gewöhnlicher senkrechter Haltung der Schulter kann der Arm durch dieselbe nur von der am Rumpf herabhängenden bis zur möglichst von ihm hinweg horizontal ausgestreckten Lage gelangen. Bei dieser erreicht die Vorragung der tubercula über den Gelenkkopf die obere Ecke der Pfanne und steht hier still. (Vgl. u. Fig. 29). Bei der Adduction oder Senkung aber ist dies nicht der Fall. Der Rand des Gelenkkopfes ist hier von dem nächst angrenzenden Theil des Oberarmes nicht überragt und könnte noch über den der Pfanne in diese hineintreten wenn die ganze Innenfläche des Armes an der Brust anstiesse. Der volle Spielraum der Bewegung wird also erst sichtbar bei erhobener Haltung des Schultergürtels. Dann kann der Arm durch Drehung in der Schulter bis zu senkrechter Aufrichtung erhoben werden, ehe es zum Contact der oberen Ränder des Gelenks kommt, und kann auch dann doch beinahe ganz herabgesenkt und an den seitlichen Rand des Schulterblattes angelegt werden, was, wenn dieser hinten auf dem Rücken anliegt, natürlich nicht möglich ist. Dann erst kommt es auch zur Hemmung der Senkung im Schultergelenke, theils dadurch, dass nun

auch die mediale Fläche des Oberarmschaftes an der unteren Ecke der Pfanne anstösst, theils durch die jetzt vollkommene Spannung des oberen Theiles der Gelenkkapsel, welcher durch das lig. coracohumerale verstärkt ist.

Neben dieser Bewegung in der Schulter, die mit der vorzüglichsten des die Schulter tragenden Gürtels übereinstimmt und zusammenwirkt, können zwei andere Drehungen um Achsen, die zu der ersten und zu einander senkrecht durch den Mittelpunkt der Kugel des Gelenks gehen, angenommen werden. Sie sind an sich ausgiebiger, aber weniger durch die ihnen entsprechenden Verschiebungen des Schultergürtels ergänzt und weniger frei und entschieden durch die Muskeln ausführbar. Als Rotation der Schulter bezeichnet man die Drehung des Armes um die vom Mittelpunkte des Gelenkkopfes durch die Länge des Oberarmes gehende Achse; und zwar zieht man sie, wenn sie genauer definirt sein soll, etwas schräg nach unten und seitwärts durch den Gelenkkopf, auf dem der Radius articulirt, weil dann bei gestreckter Lage des Vorderarmes im Ellbogengelenk auch die der Bewegung zwischen Radius und Ulna mit ihr zusammenfällt, so dass beide zusammen die vollkommene Drehbarkeit der Hand an dem ganz ausgestreckten Arme möglich machen. Bei herabhängendem Arme wird diese Bewegung durch Anstossen der tubercula an dem vorderen oder hinteren Rande gehemmt; ist aber doch ausgiebiger als beide andere, da in der Richtung von hinten nach vorn der Durchmesser der Pfanne am kleinsten ist. Bei erhobenem Arme findet sie keine Hemmung durch Anstossen der Knochen, da ihre Achse dann senkrecht in der Mitte der Pfanne steht und wird nur durch das lig. coracohumerale und Muskeln, also elastisch beschränkt. Die Achse der dritten Drehung, welche man als Bewegung des Armes von hinten nach vorn bezeichnen kann, liegt senkrecht zum Längsdurchmesser des Oberarmes in der Ebene der Hebung und Senkung, also bei gerade herabhängendem Arme horizontal durch den Mittelpunkt der Kugel von der Mitte nach der Seite und ein wenig nach vorn gerichtet, bei erhobenem Arme senkrecht. Der Arm wird im ersten Falle in einer senkrechten vor- und etwas nach der Medianebene hin gerichteten, im letzten in einer horizontalen Drehungsebene vor und zurück um den Mittelpunkt der Schulter gedreht. Diese Bewegung wird umgekehrt wie die vorige bei erhobenem Arme durch Anstossen der tubercula an den Rändern der Pfanne gehemmt, bei herabhängendem nicht, da ihre Achse dann durch die

Pfanne geht. In diesem Falle tritt doch aber auch ein annähernd plötzlich hemmendes Anlegen des Oberarmes an den hinteren Rand des acromion durch die Bewegung nach hinten ein. Durch die nach vorn an den vorderen nur bei gesenkter Schulter. Ausserdem ist aber diese Art der Bewegung bei gesenktem Arme durch das lig. coracohumerale und durch die Muskeln beschränkt. Namentlich legt sich, wenn der zuvor herabhängende Arm nach vorn emporgehoben werden soll, das Ende des m. subscapularis so um die Unterfläche des proc. coracoides, dass es nur dann einen Uebergang von dieser Bewegung zu einer geraden Erhebung des Armes zulässt, wenn sein Ansatz am tuberculum minus durch Rotation nach vorn dem Ursprunge näher gebracht ist und so noch eine anderweitige Entfernung derselben von einander zulässig bleibt. Also hängen die beiden zuletzt genannten Drehungsarten der Schulter in ihrer mehr durch die Muskeln bestimmten Ausgiebigkeit auch von einander mit ab.

Vorstehende Bestimmung von drei zu einander senkrechten Achsen zur Eintheilung schematisch unterscheidbarer Hauptrichtungen der allseitigen Drehbarkeit des Armes ist kein Muster mathematischer Strenge. Denn die Achse der Hebung und Senkung ist ihrer Lage zum Rumpfe nach bestimmt, also mit diesem unbeweglich verbunden zu denken, die der Rotation als im Oberarme festliegend und ihm folgend, die der Vorwärtsbewegung sogar theils das eine und theils das andere, indem sie mit der Rotation ihre Lage zum Rumpfe, mit der Hebung die zum Arme nicht ändern soll. Trotzdem gibt diese Art der Definition eine bequeme und ausreichende Uebersicht, namentlich auch der Muskelwirkungen. Die Hebung und Senkung gehört ihrer Anwendung nach mehr mit der Drehung des Schultergürtels am Thorax zusammen, die Rotation mit der weiteren Gliederung des Armes. Diese Bedeutung der im Arme bestimmten Lage ihrer Achse hat zuerst H. Meyer hervorgehoben (Physiol. Anat. S. 96) und sie deshalb als Constructionsachse des Armes bezeichnet. Die dritte Bewegung endlich hat doch, mag sie bei erhobenem Arm als Drehung um die senkrechte oder bei gesenktem um die horizontale Achse gedacht werden, immer dieselbe Bedeutung, die Arme vor dem Rumpfe gegeneinander zu führen.

§. 39. Befestigung des Schultergelenks.

Der Schluss der Gelenkflächen der Schulter wird durch den Luftdruck fast in allen Stellungen allein erhalten. Wenn die Spalte der Kapsel dem Zutritte der Luft geöffnet ist, kann man an der Leiche die Knochen mit Leichtigkeit von einander entfernen; meist fallen sie von selbst aus einander, bis nahezu einen Zoll weit bei mittleren Stellungen des Gelenkes, in denen kein Theil der Kapsel schon sehr gespannt ist. Denn weder diese noch auch die sie umgebenden Muskeln widerstehen einer entsprechenden Ver-

längerung. Die Kapsel würde sich auch leicht soweit in die Spalte zwischen den Gelenkflächen einstülpen lassen, dass ihre Falten in einem Abstande derselben sich sammenschliessen könnten, dass also keine Bildung eines leeren Raumes zwischen ihnen aus ihrer Entfernung von einander folgen und also der Luftdruck diese dann auch nicht hindern würde. Aber die Muskeln, die am Schulterblatte entspringen und sich an die tubercula ansetzen, umschliessen die Spalte so dicht, sind auch der Kapsel so fest angewachsen, dass sie jeder Einstülpung derselben in die Spalte folgen müssten, was, so lange sie nur irgend gespannt sind, nicht möglich ist. Die Lücken zwischen der von hinten zum tuberculum majus und der von vorn zum tuberculum minus herübergespannten breiten Muskelplatte sind unten vom Ursprung des langen Kopfes des m. triceps, oben vom lig. coracohumerale gedeckt. So ist also die Spalte rings herum durch darüber hingespannte straffe Fasermassen verwahrt, welche wie Ventile den luftdichten Schluss derselben sichern und also die Entfernung der Gelenkflächen verhindern ohne doch eigentlich die daran ziehende Kraft überwinden zu müssen, so lange dazu der Luftdruck ausreicht. Diesen Zusammenhang kann man sich sehr wohl noch am todten Arme anschaulich machen, wenn man die das Gelenk zunächst umgebenden Muskeln blos legt und abwechselnd so lagert, dass sie noch straff über die Spalte hingespannt liegen, oder sich erschlafft in dieselbe einstülpen lassen. Bei Rotation des an der Schulter herabhängenden Armes mit der Seitenfläche nach vorn werden die hinteren Muskeln noch im Tode so gespannt, dass sie sich nicht mehr leicht verlängern lassen, und vorn ist der m. subscapularis so kurz und breit am Schulterblatt angewachsen und durch die Ursprünge der langen Muskeln des Oberarmes am processus coracoides noch dazu so glatt gegengedrückt, dass er sich auch nicht einstülpen lässt. Dann sitzt der Arm noch so fest in der Pfanne, dass man ihn ganz frei hängen lassen, selbst noch an ihm ziehen kann, ohne die Festigkeit des Schlusses aufzuheben. Bei entgegengesetzter Rotation dagegen, wenn das tuberculum majus nach hinten bewegt ist, werden die Muskeln, welche sich an ihm ansetzen, so erschlafft, dass sie sich leicht mit der hinteren Kapselparthie, welche an ihnen angewachsen ist, zwischen Kopf und Pfanne einstülpen lassen. Der Arm fällt dann herab, während alle Muskeln und Bänder unversehrt sind und durchaus keinen Widerstand gegen sein Fallen leisten; der leere Raum aber zwischen den Gelenkflächen wird

vollkommen ausgefüllt, indem der Luftdruck die in denselben eingeschlüpfte Muskeldecke vollkommen anschliessend eindrückt, was natürlich bei noch so geringer Anspannung der Muskeln im Leben niemals geschehen kann. Durch Rotation nach vorn kann der luftdichte Schluss des Gelenkes wieder hergestellt werden. Dies gelingt aber auf keine Weise mehr, sobald durch eine Oeffnung der Kapsel Luft in die Spalte treten kann.

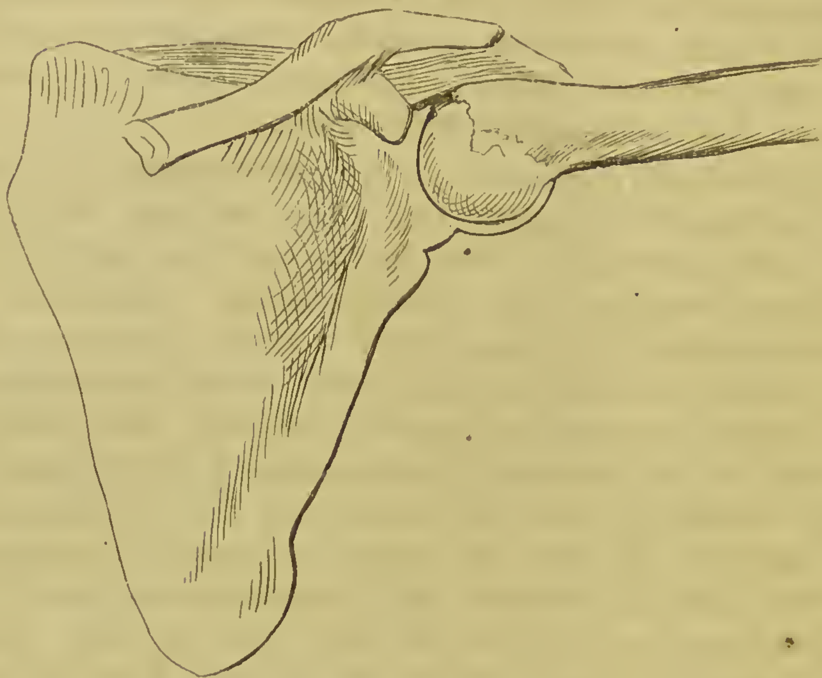
Eine Ausnahme machen davon extreme Stellungen, bei welchen Theile der Kapsel so gespannt sind, dass sie auch das geöffnete Gelenk nicht auseinander fallen lassen und also auch im Leben den Schluss desselben mit befestigen helfen. Namentlich wird, wie schon erwähnt, die obere, durch das lig. coracohumerale verstärkte Parthie der Bandbefestigung zwischen dem tuberculum majus und processus coracoides bei extremer Senkung, oder Annäherung des Armes an den lateralen Schulterblattrand so gespannt, dass sie den Gelenkkopf auch bei Entfernung der Bedeckungen der Spalte zwischen ihm und der Pfanne an dieselbe angedrückt erhält. Dies kann zur Fixirung des herabhängenden Armes, wenn er stark belastet ist, beitragen; es findet aber nur statt, wenn die Schulter selbst möglichst gehoben ist, da nur dann der Arm in der Schulter vollkommen gesenkt (adducirt) werden kann.

Die Würdigung dieses Umstandes verdanken wir C. Langer (über die Fixirung des Humeruskopfes in der Schulterpfanne. Medic. Jahrb. Zeitschr. d. Ges. d. Aerzte in Wien. 1861.). Im Eingange dieser Mittheilung erkennt er an, dass die ventilartige Wirkung der Muskeln zur Erhaltung des Schlusses von mir nachgewiesen sei, während er den Hauptsatz, dass der Luftdruck das eigentlich Fixirende ist, als von Niemand bezweifelt voranstellt. Diese Entgegenstellung scheint andeuten zu sollen, dass ich mit dieser Hauptsache gar nichts Neues habe sagen können, und, wenn dies wahr wäre, hätte ich das andere gewiss nicht einer besondern Mittheilung werth gehalten. Ich muss deshalb bitten, wenn er jene Insinuation festhalten will, zu sagen, wo vor meiner Auseinandersetzung schon ein Beweis vorlag, dass die Aufhängung des Armes durch den Luftdruck für zweifellos gehalten würde. Ich habe wenigstens nichts der Art gekannt, wohl aber zwei namhafte Autoritäten angeführt, die ausdrücklich für das Gegentheil sprachen und denen noch Niemand bis dahin widersprach. Ich schlage nicht Lärm, wenn eine kleine Notiz von mir übersehen ist. Wenn aber das, was ich gefunden zu haben glaube, mir so direct abgesprochen wird, muss ich mir erlauben dagegen zu protestiren.

Es ist nun aber auch nicht nur das eigentliche Gelenk, in welchem der Arm luftdicht angepasst ist. Sein Schluss würde bei der geringen Ausdehnung des Contactes dem Luftdrucke keine hinreichende Basis geben um grösseren Kräften zu widerstehen,

zumal wenn sie tangential zur Mitte der Pfanne den Kopf vor derselben wegziehen oder stossen könnten, wobei ihnen die zur Mitte

Fig. 29.



der Contaetfläehe senkrechte Wirkung des Luftdruekes wenig entgegenstände. Hierfür tritt die ebenfalls dieht ansehliessende Umgebung des oberen Humerusendes durch die Fortsätze des Schulterblattes und das ligam. coraeoaeromiale zwisehen denselben, welche ieh als Pfanne im weiteren Sinne bezeiehnet habe, ergänzend ein. Sie ist zwar so viel weiter als die Kugel des Gelenkkopfes, dass die tubereula in sie eintreten können, dass also, wie oben erwähnt, erst mit ihrem Anstossen am oberen Ende der eigentliehen Pfanne die Hemmung für die Hebung des Armes erfolgt. Wenn sie aber eingetreten sind, so liegt ihr äusserer glatter Umfang der Innenfläehe der um das Gelenk herum gebogenen Fortsätze dieht an, und wenn sie bei herabhängendem Arme aus dieser Umfassung hervorgetreten sind, wird der Raum in derselben ebenso vollkommen dureh die Enden der von der hinteren Sehulterblattfläche entspringenden Muskeln, namentlieh des supraspinatus ausgefüllt. Sie bilden gewissermassen mit dem ganzen dieken Ende des Humerus den Gelenkkopf desselben im weiteren Sinne, der sich in der Pfanne im weiteren Sinne gleitend bewegt. Die lockere, zum Theil völlig zu einem Sehleimbeutel abgeglättete Spalte dieses weiteren gelenkähnliehen Contactes ist wie die kleinere des eigent-

lichen Gelenkes nicht durch Bandstränge, sondern durch darüber hin gespannte Muskelbedeckung verwahrt; der m. deltoideus umgiebt sie so vollständig, dass nichts hineinschlüpfen kann, so lange

Fig. 30.



er noch einigermassen gespannt ist, und sich also nicht mit einstülpen lässt. Also müsste auch an der Stelle dieses Contactes ein leerer Raum entstehen, wenn der Arm aus dem Gelenke fallen sollte; auch gegen seine breiten Flächen wird er also durch den Luftdruck angedrückt erhalten, und zwar ist diese fixirende Wirkung desselben mehr als die auf das eigentliche Gelenk basirte, der Wirkung anhängender Lasten entgegen gerade nach oben gerichtet. Natürlich können endlich auch die Muskeln selbst noch direct halten helfen. Nimmt man dies Alles zusammen, so ist leicht ersichtlich, wie der Arm wohl nie im Leben durch directen Zug aus seinem Schlusse in der Schulter kommt.

Eine Luxation der Schulter ist deshalb nur möglich, wenn der Contact durch Hebelwirkung aufgehoben wird, indem bei gewaltsamer Ueberschreitung des Spielraumes einer normalen Drehung im Gelenk der Contact der Ränder, welcher ihre Fortsetzung hemmt, zum Drehpunkt einer neuen wird, durch welche die einander anschliessenden Flächen von einander gehoben werden. Auf diese wirkt dann die angreifende Gewalt oft an einem sehr grossen

Hebelarm, weit entfernt am Arm, oder auch wenn dieser fixirt ist am übrigen Körper, der Widerstand des Luftdruckes nur an ganz kleinen, welche durch die Entfernung des Anstemmungspunktes von der Mitte der Contactflächen, die von einander zu heben sind, bestimmt und also in den Dimensionen des Gelenkes selber eingeschlossen sind. Damit kann dann also wohl eine Aufklaffung und, wenn diese einmal gegeben ist, auch leicht eine weitere Dislocation zu Stande kommen. Der einzige Weg, auf dem es dazu kommen kann, ist wohl eine übermässige Bewegung des Armes nach oben, oder oben und hinten, wobei nicht nur das tuberculum majus an der Pfanne, sondern fast zugleich auch der Schaft des humerus am Acromion anstösst. Durch Anstemmung am Rande desselben wird, wenn der Arm weiter in die Höhe geht, sein Gelenkkopf nach unten von der Pfanne abgehoben. Hier hat er dann die schwächste Stelle seiner Umfassung vor sich, ist nicht mehr unterstützt und kann nun sehr leicht über den verlassenen Rand der Pfanne weg, vor oder hinter den langen Kopf des m. triceps und das Schulterblatt, jenachdem er gerade oder schief gegen den Rand des letzteren steht, weggestossen werden. Die Erhebung ist deshalb auch, wenn der Arm nach der Dislocation herabgesunken ist, zuweilen der einzige Weg ihn zurückzubringen.

Ebenso begreiflich wie das trotz der sehr freien Lage des Gelenks nicht häufige Zustandekommen der Luxation ist aber aus dem Obigen auch die häufig beobachtete Neigung derselben, wenn sie einmal dagewesen ist, immer wieder bei den geringsten Anlässen einzutreten. Denn da der luftdichte Schluss das Gelenk allein dauernd fixirt, so braucht nur an irgend einer Stelle neben der Spalte seines Contactes ein Zipfel der Kapsel so abnorm mobil zu werden, dass er leicht in dieselbe einschlüpfen kann und der Arm wird sich dann stets ohne Hinterlassung eines leeren Raumes von seiner Pfanne entfernen. Die Bildung eines solchen mobilen Zipfels kann aber sehr leicht stattfinden, wenn einmal durch eine Luxation ein Theil der Kapsel zerrissen gewesen ist. Ebenso begreift es sich leicht, dass bei vollkommener Paralyse der das Gelenk umgebenden Muskeln die Festigkeit desselben verloren geht. Der Arm hängt dann immer ein Stück unter dem Acromion ab. Daraus folgt nicht, dass ihn die Muskeln vorher hätten immer tragen müssen, sondern sie haben nur die Spalte des Contactes straff überspannt gehalten, in die sie sich nun hinein biegen lassen.

§. 40. Wirkung der Muskeln.

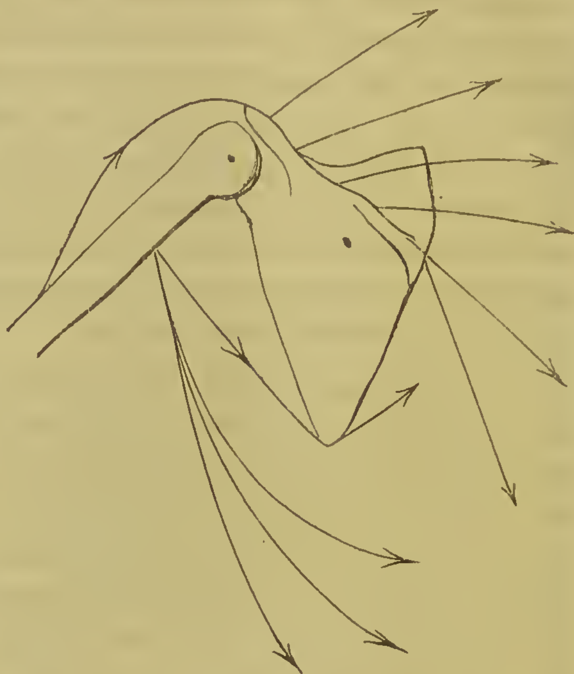
Von den gemeinsamen Drehungen des Schultergürtels und Schultergelenks hat besonders die Hebung und Senkung beider, oder die Drehung in der zur Hinterfläche des Thorax tangentialen Ebene um die einander parallelen Achsen, von denen die eine mitten durch das Schulterblatt, die andere durch den Gelenkkopf geht, auch eine sehr entwickelte, beiden auch zum Theil gemeinsame Muskulatur. Sie ist namentlich für die an sich so wenig genau im Mechanismus der Knochen vorgezeichnete Drehung des Schulterblattes sehr entfaltet auf der Rückenfläche des Rumpfes, also ungefähr in der Ebene der Drehung.

Die Hebung bewirkt ein Muskel für den Schultergürtel und einer im Gelenk, die nicht zusammenhängen, von denen aber doch der eine seiner Lage und Anordnung nach wie eine Fortsetzung des anderen erscheint, m. trapezius und deltoides. Die Fasern des ersteren convergiren von ihrem langen Ursprunge an der Mittellinie des Rückens zu ihrem Ansatze an der spina des Schulterblattes, kommen aber doch keineswegs an einem einfachen Angriffspunkte zusammen, sondern die von oben kommenden sitzen über dem Schultergelenke, die von unten kommenden am hinteren Ende der Spina. Dies entspricht ganz der Richtung, in welcher sich beide Angriffsstellen bei der Drehung des Schulterblattes bewegen müssen, welche zur Erhebung des Gelenkendes dient. Denn ihr Drehpunkt liegt zwischen ihnen. Wir sehen also hier das schönste Beispiel eines Muskels, der, wie oben (im Anfange von §. 12.) gezeigt, eine Drehung bewirken kann, ohne dass ein Gelenk dieselbe vorschreibt. Die Fasern des deltoides dagegen convergiren von ihrem Ursprunge an der Ansatzlinie des trapezius vollends auf eine kleine einfache Angriffsstelle, und können also nur drehend wirken, sofern in dem Gelenk, über welches sie hingespannt sind, ein fester Mittelpunkt dieser Drehung gegeben ist. Zugleich geht dabei ein grosser Theil ihrer Kraft für die eigentlich bewegende Wirkung verloren, und wirkt nur sehr entschieden mit den Gelenkkopf auch direct noch festzudrücken, zu dessen luftdichtem Schlusse seine Umlagerung durch diesen Muskel auch ausserdem, wie oben gezeigt, so wesentlich ist.

Diesen beiden gegenüber ist die zur Senkung des Armes wirksame Kraft fast ganz in einen Muskel, den m. latissimus dorsi

vereinigt, der auf Schultergürtel und Schultergelenk zugleich abwärts drehend wirkt, indem zwar sein ausgebreiteter Ursprung etwas der verschieden gerichteten Anordnung des trapezius ähnlich ist, aber sein einfacher Ansatz am Arm zugleich der doppelten Drehung, welche ihn nach unten führt, folgt. Nur ein kleiner Theil dem latissimus entsprechender Muskulatur ist neben dem oberen Rande desselben in besondere Muskeln für die Senkung des Schultergürtels und Schultergelenks zerlegt. Die rhomboidei ergänzen die drehende Wirkung auf das Schulterblatt, indem sie den hinteren Rand desselben nach oben ziehen, während das Gelenkende mit dem Arm herunter geht; der teres major wirkt einfach auf den Arm ihn im Schultergelenke herabziehend.

Fig. 31.



Beide Systeme von Muskeln, die Arm und Schulterblatt in der Ebene, nach deren Ausdehnung sie ausgebreitet sind, drehen, umgreifen das Centrum, das für den Schultergürtel den Drehpunkt bezeichnet, und wirken also möglichst rein auf die um dasselbe erfolgende Bewegung. Dennoch bedarf dasselbe noch einer weiteren Fixirung, wenn es ähnlich der Achse eines Gelenkkopfes sillstehen soll. Denn, wenn auch der trapezius von oben die anderen von unten angreifend, es allein wenig verrücken würden, so bliebe doch ein gemeinsamer Zug beider, der es gerade nach der Mittellinie hin führen und, da es von daher durchaus nicht unterstützt ist, über die Hinterfläche des Thorax weg, von derselben ab hervordrängen würde. Die Gegenwirkung, welche dies verhindert, scheint die wesentlichste Leistung des m. serratus anticus major zu sein. Er ersetzt gewissermassen die fehlende Fixirung der hinteren Hälfte des Schultergürtels in einem Gelenke, indem er sie nach vorn hält. Dabei wird er aber auch, wie die ihm entgegen nach hinten ziehenden, nicht ohne Wirkung auf die Bewegung um die Achse sein,

und zwar muss zu diesem Ende seine obere am oberen Winkel des Schulterblattes angeheftete Portion mit dem latissimus und den rhomboidei zusammen auf die Senkung wirken, die grössere untere, welche die Spitze des Schulterblattes nach vorn und der Seite zieht, mit dem trapezius zur Hebung, und nur die dünne mittlere, mit ihrem breiten Ansatze zwischen jenen keins von beiden.

Auf letztere beziehen sich also wohl nur die Beobachtungen von Busch (Arch. f. klin. Chir. Bd. IV.) über die mangelnde Hebung der Schulter bei Paralyse des Muskels, während das Fehlen der Wirkung des ganzen in dem bekannten flügelähnlichen Hervortreten des Schulterblattes aus der Fläche des Rückens seinen Ausdruck findet.

Für die anderen Bewegungen ist kein so vollständiges Muskelsystem vorhanden, namentlich nicht für den Antheil des Schultergürtels an denselben. Die Rotation bewirken die nächst um das Gelenk herliegenden mm. subscapularis und infraspinatus. Der pectoralis major zieht den Arm und die Schulter, der pectoralis minor nur die Schulter wie der latissimus abwärts, zugleich aber auch vorwärts. Nur letzteres bewirkt für den Schultergürtel der m. serratus anticus major, für das Gelenk der coraeobrachialis mit dem kurzen Kopfe des biceps. Die Wirkung aller dieser Mukeln wechselt aber bedeutend mit den Stellungen des Gelenks und würde eine genauere Bestimmung derselben hier zu weit führen. Der streng theoretische Weg zur Durchführung derselben wäre die Bestimmung der Achsen, um welche jeder dreht, oder der Antheile, mit denen er um drei beliebig angenommene Achsen dreht, bei den verschiedensten möglichen Stellungen.

Zweites Kapitel.

Ellbogen und Unterarm.

§. 41. **Ulna und Radius.**

Im Ellbogen und Vorderarm sind zwei Gelenke mit einfacher Drehungsachse vereinigt, von denen das eine die Beugung und Streckung der beiden langen Stücke des Armes gegen einander, das andere die Drehung der Hand um den Längsdurchmesser des

Unterarmes, wodurch, wenn sie herabhängt, ihre Hinterfläche vor oder zurückgekehrt wird, Pronation und Supination vermittelt. Die beiden Knochen des Unterarmes sind nicht ein einfaches Zwischenglied zur Verbindung der Hand mit dem Oberarm, sondern der eine ist fester mit letzterem verbunden, der andere trägt allein die Hand und kann sich mit ihr gegen den ersten bewegen. Die Ulna bildet mit einer Gelenkrolle des Oberarms das erste Gelenk mit der zur Länge beider etwa senkrechten Drehungsachse, in welchem nur die Beugung und Streckung möglich ist. Der Radius ist mit der Ulna durch das zweite Gelenk verbunden, in dem er und mit ihm die Hand gegen die Ulna und mit ihr gegen den Oberarm bewegt wird. Der Radius ist aber ausserdem auch direct mit dem Oberarm durch eine Articulation verbunden, welche an den Bewegungen beider Gelenke Theil zu nehmen hat, da er nicht nur den Bewegungen der Ulna gegen den Oberarm folgt, sondern auch bei seiner Bewegung gegen jene seine Stellung zu diesem mit ändert. Diese Articulation ist ein lockeres Kugelgelenk, würde also an sich Drehungen des Radius am Humerus um alle durch den Mittelpunkt der Kugel des Contactes gehende Achsen zulassen. In diesem Mittelpunkte schneiden sich die Achsen der beiden Gelenke, in denen die Ulna mit dem Oberarm und der Radius mit der Ulna verbunden ist. Der Radius kann sich also auch um beide gegen den Oberarm drehen und nur deshalb nur um diese beiden, weil er mit der Ulna fest verbunden ist und nur ihrer Bewegung am Oberarm folgen, oder sich an ihr drehend bewegen kann. Es sind also im Ganzen drei einfache Articulationen zwischen drei Knochen zu zwei Gelenken verbunden, die sich um zwei verschiedene Achsen bewegen können, obgleich eine davon an beiden Theil nimmt. Zu jedem gehört eine der beiden Articulationen mit einer einfachen Drehungsachse, zwischen Oberarm und Ulna, und zwischen Ulna und Radius; diese bedingen die einfache Bewegungsrichtung in jedem Gelenke. Die Arthrodie zwischen Oberarm und Radius ist Theil beider Gelenke mit einfacher Achse, da sie sich um beide Achsen drehen kann.

Die beiden Articulationen mit einfacher Drehungsachse sind sehr gut schliessend und genau nur in der einfachen Bahn ihrer Drehung, in dieser aber ohne Hinderniss, mit bestimmt abgegrenztem aber grossem Spielraum beweglich. Die kleine Arthrodie zwischen Oberarm und Radius ist sehr locker und nimmt an einer festen Vorzeichnung der Bewegungsbahnen beider Gelenke wenig

Antheil, ist nur eine dieselben nicht hindernde Anstützung des Radius gegen den Oberarm. Sieht man freilich etwas genauer zu, so haben beide ausser dieser lockeren Kugelgelenkberührung noch einen zweiten kleinen Contact von Gelenkflächen, die sich zwar noch weniger als jene völlig genau berühren, vielmehr überhaupt gar nicht auf einander passen, da sie beide convex sind, dennoch aber eine genau schleifende Verschiebung auf einander bei den Drehungen um die Achsen der beiden Gelenke haben. Ein schmaler dem kugeligen Gelenkkopfe des Oberarms, welcher den Radius trägt, zunächst angrenzender Theil seiner einfach um die Achse des ersten Gelenks gebogenen Rolle, welche die Ulna trägt, wird noch von einem ähnlichen des Radius berührt, der auch nur einfach, aber um die Achse des zweiten Gelenks gebogen ist. Diese Berührung von zwei einander zugekehrten convexen Rollen ist natürlich immer auf eine kleine Stelle beschränkt, bedingt aber eine sehr genau schleifende Bewegung um die beiden Achsen zwischen Oberarm und Radius, ist also eine sehr wichtige Ergänzung der Arthrodie zwischen ihnen, und verdient als solche neben ihr eine besondere Berücksichtigung. In dem ganzen Schema beider Gelenke ändert dies nichts.

Obgleich demnach eine schleifende Bewegung eines dritten einfachen Gelenks an der eines jeden um seine Achse Theil nimmt, so sind doch beide vollkommen unabhängig von einander ausführbar. Der Radius ändert durch seine Drehung um die eine derselben seine Lage zu der anderen nicht so, dass er an der Drehung um sie nun keinen Theil mehr nehmen könnte. Die Pronation und Supination geht ebenso vor sich und kann ebenso frei ausgeführt werden, mag der Arm gebeugt oder gestreckt sein. Die Form der Gelenkflächen, welche beide Bewegungen bedingt, entspricht beiden ganz unabhängig von einander. Die mechanische Betrachtung beider Gelenke ist also ganz zu trennen, und hält sich hauptsächlich an die einem jeden allein zugehörige Articulation mit einfacher Drehungsachse, zwischen Oberarm und Ulna und zwischen Ulna und Radius; die zwischen Oberarm und Radius kommt bei jedem ohne Rücksicht auf das andere nebenbei in Betracht. Anatomisch aber bedingt sie eine engere Verbindung beider, indem nicht nur in ihr die Gelenkspalten beider zusammenstossen, also alle Articulationen der drei Knochen mit Ausnahme eines weit entfernten Theiles der Verbindung von Ulna und Radius eine einzige Synovialhöhle bilden, sondern auch die Seitenbänder, welche

zur Fixirung beider Gelenke dienen, sich da, wo sie zusammenstossen, mit einander combiniren. Deshalb ist die Beschreibung der Bänder nach der Untersuchung des Mechanismus jedes einzelnen Gelenkes für beide gemeinsam anzuschliessen.

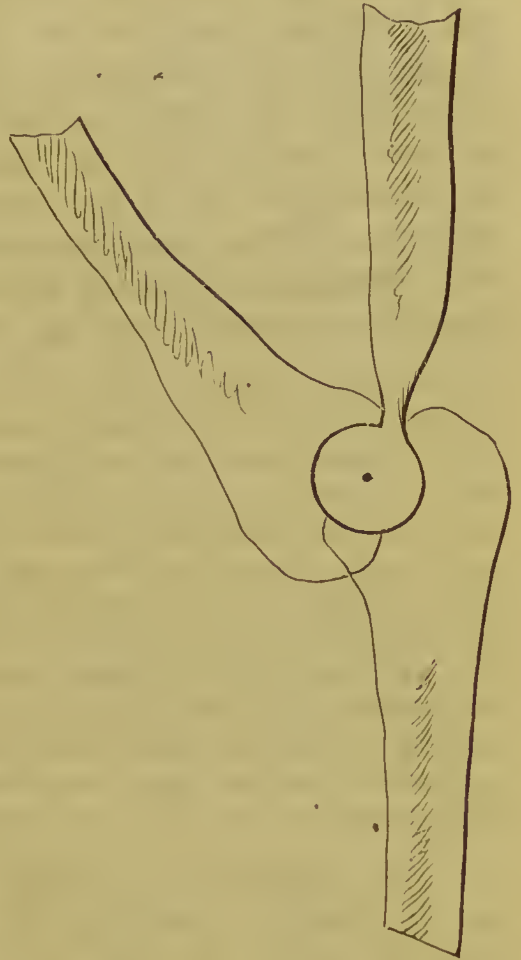
§. 42. Beugung und Streckung.

Die Achse der Beugung und Streckung des Unterarmes gegen den Oberarm liegt in dem unteren Gelenkkopfe des letzteren, entlang dem grössten Durchmesser desselben, der bei gerade herabhängendem Oberarme horizontal und bei nach vorn gekehrter Vorderfläche desselben quer gerichtet ist. Sowohl der Längsdurchmesser des Oberarmes als der der Ulna stehen nicht ganz genau senkrecht zu dieser Achse, sondern machen mit einander, wenn sie gegeneinander gestreckt sind, einen stumpfen Winkel der von ihr ungefähr halbirt wird. Die Austrittsstellen der Achse aus den Seitenrändern des breiten Oberarmendes, welches durch den Ansatz des Gelenkkopfes an die beiden divergirenden dicken Ränder, in denen sich der starke Schaft des Knochens unten ausbreitet, gebildet wird, liegen dicht unter den vorragendsten Ecken letzterer, den sogenannten Condylen oder Epicondylen. (S. unten Fig. 33.). Dies ist schon an der Krümmung des Profiles der Gelenkfläche deutlich zu erkennen.

Der grössere mediale Theil dieses Gelenkkopfes, die Trochlea, auf welcher die Ulna articulirt, zeigt sehr deutlich die einfache Krümmung von hinten nach vorn. Denn sie zerfällt durch einen tiefen mittleren Einschnitt in zwei nicht viel in Grösse und Gestalt verschiedene etwa kegelförmige Stücke mit von einander abgewendeter Basis und in einander gesteckten Spitzen. Die Tiefe der Furche, in welcher beide zusammenstossen, zeigt die Krümmung beinahe als vollständigen Umfang der gedrehten Oberfläche, welche die ganze Gelenkfläche darstellt. Denn über ihr ist hinten wie vorn der Zwischenraum der beiden schon erwähnten Randleisten des den Gelenkkopf tragenden Knochentheiles zu Gruben vertieft, welche nur durch eine ganz dünne Platte getrennt sind; nur diese trennt auch an dem Gelenkkopfe die beiden Enden seiner mittleren Furche. Die entsprechende Krümmung der Ulna ist ebenfalls am vollständigsten an der in diese Furche passenden mittleren Leiste ihrer Pfanne ausgebildet. Sie entspricht etwa einem halben Umfang, und da dem Gelenkkopfe, wie gesagt, in diesem Durchschnitte wenig

an einem ganzen Umfange fehlt, so kann sie mit einem Ausschlag von beinahe zwei rechten Winkeln über ihn herumgleiten. Wenn dieser durchlaufen ist, legen sich ihre Enden, hinten am Olecranon und vorn am Processus coronoides in jene beiden Gruben des Oberarmknochens über der mittleren Furche des Gelenkkopfes und die Bewegung steht dadurch plötzlich still. Dies geschieht bei gerader Ausstreckung und bei einer sehr spitzwinkligen Beugung. Das Gleiten der Randstreifen der Ulnapfanne auf den hohen Rändern der Trochlea geht ebenso glatt und ohne Hinderniss bei der Drehung um die Achse derselben vor sich. Sie verhindern aber sehr entschieden jede andere Verschiebung des Gelenks.

Fig. 32.



Die Vertiefungen über der Trochlea, in denen die Enden der Ulnapfanne am Schlusse ihrer Bewegung nach beiden Seiten anstossen, sind beim Neugeborenen noch durch eine dickere Scheidewand getrennt und werden erst im Leben noch tiefer gegen einander eingedrückt. Römer, der dies auf Veranlassung von C. Hüter untersucht hat (Zur Entwickelung des Ellbogengelenks. Inaug.-Diss. Marb. 1863.), macht daraus, dass namentlich die vordere ursprünglich noch viel flacher sei, den Schluss, dass sich die Form des Gelenks beim Fötus bei gestreckter Lage desselben entwickele. Doch ist wohl niemals eine vorherschende einseitige Lage gerade für die erste Bildung eines Gelenks bestimmend und später wird es gewiss eher gebogen liegen. Der weniger tiefe Eindruck am Oberarm vom processus coronoides spricht auch nicht dagegen, da letzterer selbst auch noch kürzer ist als beim Erwachsenen, also auch bei gleich viel Beugung noch keinen so tiefen Eindruck gegenüber zu haben braucht und hervorbringen wird. Dass die Aushöhlung der Ulna beim Neugeborenen etwas weiter offen steht als der von ihr umfasste Gelenkkopf, beweist auch nicht, dass sie immer eine bestimmte Stellung über ihm gehabt habe, im Gegentheil eher, dass sie abwechselnd mit ihren beiden Enden stärker gegen ihn angedrückt gewesen ist, und namentlich wohl in der letzten Zeit in Beugung.

Genau genommen ist nun aber die Verbindung der Ulna mit dem Oberarm mit ihrer ausschliesslichen Drehung um Eine Achse

kein reines Drehgelenk, sondern eine Schraube, jedoch von sehr kleiner Steigung. Sie ist am rechten Arme rechtsgewunden; die Ulna wird bei der Beugung ein wenig seitwärts in der Richtung der Achse, um die sie sich dreht, verschoben. Es ist aber kaum und im Leben gar nicht zu bemerken. Die ganze Höhe eines Ganges der Schraube beträgt bis zu 4 Millimeter, die seitliche Verschiebung der Ulna bei Durchlaufung ihres ganzen Spielraumes also stets unter 2. Dies ist ganz verschwindend gegen den Effect der Drehung um die Achse, durch den die von der Achse weiter entfernten Theile, also namentlich die Hand einen sehr grossen Weg durchlaufen, während jene Verschiebung für sie natürlich nur immer die gleiche ist, wie am Gelenk.

Das Interesse dieses Verhältnisses beruht also auch nicht darin, dass es für die Bewegung einen Unterschied machte, sondern nur in der Feinheit mit der die Schiefheit der Gangrichtung trotz ihrer Kleiuheit hier doch nachgewicseu werden konnte, weil, wie gesagt, der mittleere Streifen des Gelenkkopfes fast einen ganzen Umfang seiner Krümmung zeigt. Denn, wenn man auf ihm die Richtung der Drehung durch Spuren von der Ulna aus markirt, so kann man, wenn man ihn vom übrigen Knochen absägt und von oben herunter ansieht, deutlich erkennen, dass sie nicht in sich zurücklaufen, also keine Kreise sind, nicht in einer Ebene liegen, und kann auch, wenn man sie über die schmale Schnittfläche der Kuochenwand zwischen beiden Supratrochlcargruben hinüber fortsetzt, direct den Abstand ihre Enden in der Richtung der Achse, also die Höhe der Schraube messen. Dies ist von G. Meissner auf Anlass einer ersten Notiz von Langer über Andeutung schiefer Gangrichtung im Ellbogengelenke ausgeführt (Bericht über die Fortschr. d. Anat. u. Physiol. 1856.)

Das Capitulum des Oberarms, auf welches der Radius passt, von der Trochlea, auf der die Ulna geht, abgesetzt durch den schmalen Rand, an dem, wie nachher zu betrachten ist, auch noch ein Rand des Radius anliegt, kann als Theil einer drehrunden Fläche mit derselben Achse wie jene angesehen werden, da es ungefähr eine Kugel darstellt, deren Mittelpunkt in jene Achse fällt. Diese schematische Definition der Articulation des Radius mit dem Oberarm als Arthrodie ist nicht sehr genau und würde auch gar nicht genau in den Zusammenhang des ganzen Gelenkes passen, da sie als solche nur an einer reinen Drehbewegung Theil nehmen könnte, und nicht an der einer Schraube, wie sie doch muss. Diese Ungenauigkeit ist aber eine sehr geringe und das ganze Gelenkchen schliesst auch gar nicht sehr fest. Der Radius steht nur leicht berührend über dem Capitulum. Besonders bei Streckung berührt er es nur noch theilweise, da es nach hinten nicht weiter als etwa über die Mitte der Länge, in welcher die

Trochlea um das untere Ende des Oberarms gebogen ist, herum reicht, sein hinterer Rand also von dem der Pfanne des Radius überschritten wird, ehe das Olecranon am Oberarm anstossend der Streckung ein Ende macht, daher auch bei dieser Stellung die Linie des Gelenks am Radius sehr leicht durchzufühlen ist. Bei Beugung dagegen wird der Contact ein fester und vollständiger. Denn vorn geht die Gelenkfläche des Capitulum bis an eine ähnliche Vertiefung des Oberarms, wie sie sich über der Trochlea finden, in der der vordere Rand der Pfanne des Radius am Ende der Beugung anstösst. Er liegt also bei Beugung des Ellbogens mit seiner ganzen Endfläche an der des Oberarms, womit eine vollkommene Unterstützung gegen eine Verschiebung in der Richtung nach oben gegeben und dabei doch die Drehung zur Pronation und Supination am Oberarm wie an der Ulna gleitend möglich ist.

Dazu kommt nun aber, wie gesagt, noch der Contact des Radius mit dem über das Capitulum vorspringenden Rande der vorderen Hälfte der Trochlea. Er ist vollkommen wie die ganze Rolle mit einer schwachen Schiefheit um die Achse gebogen. Der entsprechende Rand des Radius hat dagegen die Krümmung des oberen Endes dieses Knochens um die Achse seiner Beweglichkeit gegen die Ulna. Er passt also nicht auf jenen, sondern berührt ihn nur an einer kleinen Stelle, die um die Ebene herumliegt, welche durch die Achsen beider Gelenke bestimmt ist. Mit dieser kleinen Berührung aber gleitet er vollkommen genau schleifend auf dem Rande der Trochlea nach der Gangrichtung derselben vor und zurück bei Beugung und Streckung, womit die vollkommen mit dem Gang der Ulna übereinstimmende Bewegung des Radius um die quere Achse am genauesten gesichert wird. Auch zum Schluss derselben trägt dieser Contact bei. Denn dieser Rand der Trochlea ist an beiden Enden gegen den Radius herum gebogen, sodass dieser am Ende der Beugung und Streckung daran anstösst und dann also erst vollständiger aufschliesst als bei der Bewegung selbst, aber gleich sehr ausserdem um die Achse der Pronation und Supination auch in diesem Contacte noch drehbar ist. Bei dieser wird auf denselben noch näher zurück zu kommen sein.

Da somit auch der Radius genau der Schraubenbewegung am Oberarm folgt, das Capitulum aber, wenn es dem gemäss um die Achse dieser Bewegung nicht rein drehrund gebogen sein sollte, keine Kugel sein könnte, so beruht überhaupt die Anwendbarkeit des ganzen für die Combination der drei Articulationen gegebenen Schema nur auf Ungenauigkeit, und es muss, wenn sie als richtig gelten soll, von der Schraube abgesehen werden. Mit einer stärkeren Steigung derselben würde die

zweite Beweglichkeit des Radius in demselben Gelenkchen nicht verträglich sein. Sie findet sich daher auch, wie G. Zahn (über den Bau und die Mechanik des Ellbogengelenks einiger Säugethiere. Inaug. Diss. Würzb. 1862) gefunden hat, nur da, wo letztere weniger entwickelt ist, am stärksten unter den darauf untersuchten Thieren beim Pferd, bei dem Radius und Ulna Ein Stück sind.

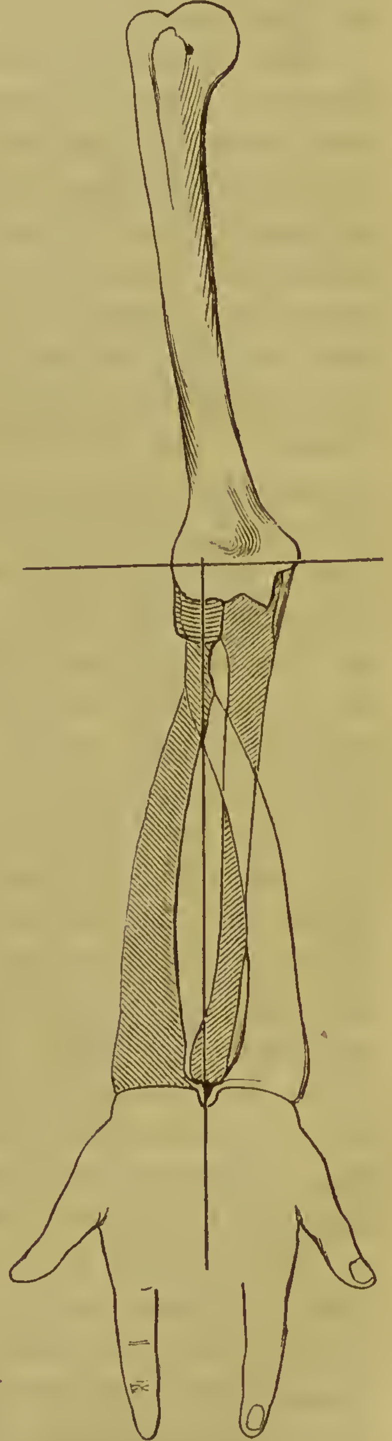
Die Beugung und Streckung des Vorderarmes wird durch starke Beuge- und Streckmuskeln ausgeführt und zwar sind, wie dies auch für die anderen Gelenke beider Extremitäten im Allgemeinen die Regel ist, die Beugemuskeln stärker und mannichfaltiger angeordnet. Streckend wirkt nur der einfache Zug des M. anconaeus, am Olecranon, also nur an der nur einfach beweglichen Ulna angreifend und so dicht am Gelenkkopfe anliegend, dass es nur an einem sehr kleinen Hebelarme, an diesem aber stets senkrecht, also gleich günstig angreift. Aehnlich verhält sich auf der Beugeseite des M. brachialis internus, mit seinem Ansatze am Proc. coronoides der Ulna. Die beiden andern Beugemuskeln biceps und brachioradialis (Supinator longus) haben nicht nur durch ihren Ansatz am Radius noch Mitwirkung auf dessen Bewegung gegen die Ulna neben der auf die beiden gemeinsame Beugung, sondern wirken auch auf diese selbst in Folge ihrer vom Gelenke entfernteren Anheftungen an beiden Enden mehr oder weniger günstig bei verschiedenen Stellungen des Gelenks, und zwar am vollkommensten bei einer wenig mehr als rechtwinkligen Beugung. Denn in dieser Lage des Gelenkes ist die Lage ihrer Zugrichtung zu der Bahn, in welcher sich ihre Angriffspunkte um die Achse des Gelenkes drehen können, am günstigsten, ihr idealer Hebelarm am grössten. Je mehr sich das Gelenk nach der einen oder anderen Seite davon entfernt, um so spitzer wird der Winkel, unter dem beide Muskeln an ihrem Hebelarme ziehen, um so kleiner ihr idealer Hebelarm. Namentlich bei voller Streckung kommen sie der Achse immer näher, ja der brachioradialis geht dann fast durch dieselbe herab, kann den Radius nur noch gegen den Oberarm andrücken, nicht mehr vor ihm in die Höhe ziehen, er fängt erst an die Beugung zu unterstützen, wenn sie schon eingeleitet ist. Es können daher auch bekanntlich durch die Erhaltung des Armes in der rechtwinklig gebeugten Haltung viel grössere Lasten überwunden werden, als durch Beugung aus gestreckter Haltung.

Nimmt man als realen Hebelarm beider Muskeln den kleinsten Abstand eines ihrer festen Punkte von der Achse, also für den biceps den des sogenannten Ansatzes, für den brachioradialis den des Ursprungs, was sehr wohl zulässig ist, so erreichen sie beide bei jener Stellung die möglichst vortheilhafte Lage zu demselben, indem sie

ihn rechtwinklig treffen. Soll aber immer nur die peripherische Befestigung den Angriffspunkt vorstellen, also auch für den brachioradialis die am Radius, so ist doch auch dann bei jener Stellung der Winkel, den er mit seinem dann sehr langen Hebelarme bildet, ein am wenigsten spitzer. Dies macht für den Nutzeffect gar keinen Unterschied. (Vgl. u. §. 12).

§. 43. Pronation und Supination.

Fig. 35.



Die Achse der Pronation und Supination zwischen Radius und Ulna liegt nicht einfach in einem dieser beiden Knochen, sondern geht von einem in den andern über, indem sie ein wenig schief zur Länge derselben liegt. Die Articulation, welche sie verbindet, ist in zwei ganz getrennte Stücke am oberen und unteren Ende getheilt; am oberen trägt der Radius den Gelenkkopf, der in eine entsprechende Pfanne der Ulna passt, am unteren hat die Ulna einen Gelenkkopf, dem der Radius mit einer Pfanne anschliesst. Er dreht sich also oben um sich selbst, unten um die Ulna, oder einfach um eine Achse, die durch sein oberes Ende und das untere der Ulna geht. Diese Achse geht dann auch aus dem oberen Ende des Radius in das Capitulum des Oberarms und durch dessen Mittelpunkt. Hier schneidet sie die der Beugung und Streckung rechtwinklig, geht also bei Streckung des ganzen Armes im Ellbogen etwas schräg durch den Oberarm, der gegen die Achse seines unteren Gelenkkopfes etwas schief nach oben und der Seite liegt, und ebenso liegt sie etwas schief gegen die Ulna, durch deren unteres Ende sie geht, da diese vom Ellbogengelenke an abwärts etwas seitwärts von der zur Achse desselben senkrechten Richtung abweicht. Sie bildet bei gestrecktem Arm die Fortsetzung einer der Achsen, um welche er sich auch in der Schulter

drehen kann, die vom Mittelpunkte derselben durch den des Capitulum geht. Die Hand kann sich also, wenn sie gerade herabhängt, durch Schulter- und Radiusbewegung zugleich um dieselbe senkrechte Linie drehen, während die Achsen beider bei Beugung im Ellbogen natürlich ihre Lage gegeneinander ändern, und dann nur die Drehung des Radius an der Ulna allein noch die Umwendung der Hand hervorbringen kann.

Der Radius liegt oben am Ellbogengelenke neben der Ulna, indem die Pfanne derselben, in die er aufgenommen ist, seitwärts sieht; unten bei mittlerer Lage zwischen Supination und Pronation gerade vor der Ulna, indem die Mitte ihres Gelenkkopfes, der hier die Achse enthält, nach vorn sieht. Ebenso sieht dann also der Radius mit seinem von ihr abgewandten Rande, in dessen Fortsetzung der Daumen liegt, gerade nach vorn, sodass seine Lage dann von vorn angesehen der der Achse seiner Drehung an der Ulna entspricht, senkrecht zu der ihnen gemeinsamen gegen den Oberarm. Die Rückenfläche seines untern Endes und der Hand ist dann zur Seite gewendet, die Hohlhand nach dem Rumpfe hin. Bewegt er sich seitwärts von dieser Lage zur Supination der Hand, wobei ihre Rückenfläche nach hinten, (oder bei gebeugtem Vorderarm nach unten) gewendet wird, so wird er etwa parallel der Ulna gegen die quere Achse des Ellbogengelenks etwas schief zur Seite gerichtet. Der ganze Arm erscheint dann, wenn er gerade ausgestreckt ist, von vorn angesehen im Ellbogen etwas geknickt mit einem stumpfen nach der Seite hin offenen Winkel; der grösste Theil der Hand, zumal der Daumen liegt seitwärts von dem verlängerten Längsdurchmesser des Oberarmes. Wird dagegen der Radius mit dem Daumen nach der Mitte bewegt, zur Pronation der Hand, wobei sie herabhängend mit der Rückenfläche nach vorn sieht, so liegt er gekreuzt vor der Ulna herüber, nicht mehr in dem Sinne wie diese, sondern wie der Oberarm schief gegen die Achse der Beugung und Streckung. Der ganze ausgestreckte Arm erscheint dann gerade, da die Hand auf die andere Seite der durch ihren Kleinfingerrand gehenden Achse, in die Verlängerung der Lage des Oberarmes gekommen ist (vgl. Fig. 35).

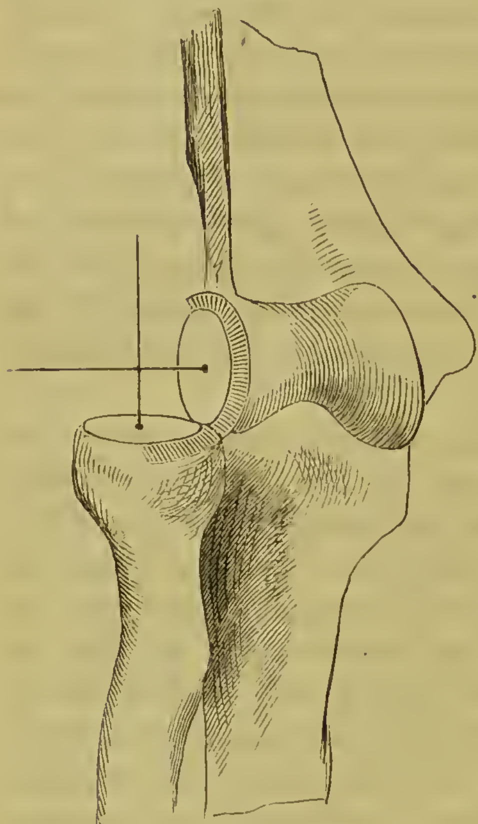
Die Biegung der Gelenkflächen, mit denen sich Radius und Ulna berühren, ergiebt sich hiernach wesentlich von selbst. Der convexe Theil, oder Capitulum, den der Radius oben, die Ulna unten trägt, ist ein kleines Stück eines drehrunden Zapfens der sich nach unten etwas verjüngt. Daran schliesst sich ohne Unterbrechung

des glatten Knorpelüberzugs die mehr horizontale Endfläche, mit der der Radius gegen den Oberarm, die Ulna gegen die Hand ansteht. Die beiden Köpfen entsprechenden Pfannen sind kleine ihnen entsprechend gebogene Aushöhlungen, die beide als sinus lunatus bezeichnet werden, am oberen Rande der Ulna und am unteren des Radius. Am einfachsten zeigt sich diese Verbindung unten, wo sie vom Handgelenke vollständig getrennt ist, durch den mit dem Rande des Radius verwachsenen Faserknorpel, cartilago triquetra, der über die Ulna hinliegt und sich auf der Endfläche ihres Kopfes ebenso gleitend um die Achse desselben dreht, wie der Radius an dem gebogenen Umfang. Er verhält sich also ganz wie ein zwischen Ulna und Hand eingeschobener, unverknöcherter Fortsatz des Radius. Die obere und untere glatte Fläche, mit denen er an der Bildung der Pfanne für den Gelenkkopf der Ulna und der Handwurzel Theil nimmt, geht ohne Unterbrechung in die des Radius für diese beiden Gelenkverbindungen über, die dadurch völlig getrennt sind.

Am oberen Ende der Unterarmknochen dagegen öffnet sich die Gelenkverbindung zwischen ihnen in die mit dem Oberarm. Denn die kleine Pfanne der Ulna für den Radius geht ohne Unterbrechung in die für den Oberarm über, und ebenso schliesst sich an den Umfang des Radiuskopfes, der in dieselbe passt, die mit dem Oberarm articulirende Pfanne als Endfläche an. Er stellt ein Stück eines kegelähnlichen Körpers dar, dessen nach unten gerichtete Spitze fehlt, während die nach oben sehende Grundfläche seicht kugelig ausgehöhlt ist, um das Capitulum des Oberarms aufzunehmen. Sie passt nicht immer sehr genau auf dasselbe; kann sich aber immer gleich leicht um die Achsen der beiden Gelenkköpfe, von denen sie beide Stücke sind, unter ihm drehen. Der Rand, in welchem dieser ausgehöhlte Theil des Radiuskopfes mit dem Umfange desselben zusammenstösst, ist zum grössten Theil abgestumpft durch den schmalen Streifen, mit dem er ausser dem capitulum des Oberarmes auch die Trochlea berührt. Der Rand der Trochlea ist, wie ihr grösserer Theil, der die Ulna trägt, gebogen um die Achse der Beugung und Streckung, der Rand des Radiuskopfes, der auf ihn passt, wie dessen Umfang, der in die Pfanne der Ulna passt, um die der Pronation und Supination. Dadurch ist die Theilnahme der kleinen Contactstelle, von der aus beide auseinanderklaffen, an beiden Drehbewegungen bestimmt. Bei Beugung und Streckung gleitet dieselbe kleine Stelle des Radius-

randes über die Länge des Trochlearandes hin; bei Pronation und Supination geht umgekehrt der ganze Radiusrand an derselben kleinen Stelle, die er vom Trochlearand berührt, gleitend vorbei. Jeder dieser beiden Ränder bedingt die Genauigkeit, mit der ihre nicht congruente, sondern nur tangirende Berührung an der Drehung um die Achse seiner Krümmung Theil nimmt, ohne Mitwirkung der des anderen. Natürlich wird ein solcher Mechanismus nur einen festen Gang haben können, wenn die gegenseitige Lage beider Körper noch ausserdem gesichert ist, wie hier durch die Verbindung des Radius mit der Ulna und dieser mit der Trochlea. Dies wird am anschaulichsten, wenn man sich die Articulation von Radius und Trochlea ganz isolirt denkt. Die streifende Berührung, in der ihre beiden Ränder an einander zur Drehung um zwei Achsen vorbeischleifen, genügt zu einer genauen Führung dieser Bewegung, wenn beide Stücke ausserdem noch durch ihren Zusammenhang mit einem dritten an beiden Achsen und diese an einem Kreuzungspunkte aneinander fest sind. Auch dieser Theil der directen Verbindung von Radius und Oberarm kann also wie die lockere Arthrodie auf dem Capitulum nur im Zusammenhang mit den einfachen Drehgelenken der Ulna eine regelmässige Bewegung theilen. Beide haben nur die Bedeutung einen Anstemmungspunkt des Radius am Oberarme gegen eine Verschiebung an der Ulna vorbei nach oben abzugeben, ohne seiner Bewegung mit und an der Ulna hinderlich zu werden. Die Einrichtung für die Theilnahme an beiden Drehungen drückt sich nur in diesem kleinen klaffenden Gelenkchen schärfer aus.

Fig. 34.



Der Spielraum der Bewegung des Radius mit der Hand gegen die Ulna und den Oberarm beträgt fast genau zwei rechte Winkel. Die Hohlhand kann bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm gerade nach oben und unten gekehrt werden. Die Hemmung an den

Grenzen dieses Spielraumes geschieht, wie für die Beugung und Streckung im Ellbogen, rein durch Anstossen von Knochenstellen. Am deutlichsten ist dies am unteren Ende. Die Pfanne des Radius überschreitet zwar mit ihren Rändern die des Gelenkkopfes der Ulna, welcher keinen hinreichend viel grösseren Umfang hat als sie, um sie bei der ganzen grossen Drehung des Gelenks ganz tragen zu können. Nachher stösst dann aber ihr vorderes oder hinteres Ende doch an den Rändern der hinteren Leiste der Ulna an, die im Proc. styloides ausläuft. Weniger breit aber doch auch vollkommen abschliessend ist auch für diese Bewegung eine kleine ihr entgegentretende, wirklich congruente Berührung der Ränder von Radius und Trochlea. Denn, wie an letzterer vorn und hinten ein Stückchen herumgreift, das den Radius beim Schlusse der Beugung und Streckung aufnimmt, aber zur Pronation und Supination dann noch in einem wirklich congruenten Schlusse beweglich bleiben lässt, so erheben sich auch über den entsprechenden Radiusrand die Enden eines seitlichen Drittels vom Umfang des Köpfchens, in welchem die Kante zwischen seiner oberen Pfanne und seinem Umfang nicht abgestumpft ist; und diese stossen bei Pronation und Supination am Trochlearande an, können nicht an ihm vorbei weiter fort gleiten, wohl aber nun auch noch, erst wirklich congruent berührend, zur Beugung und Streckung über ihn hin gleiten. So wirkt also dies kleine Gelenkchen auch zur Hemmung beider Bewegungen unabhängig voneinander mit.

§. 44. **Seitenbänder und Gelenkhöhlen.**

Die beiden einfachen Gelenkverbindungen der Ulna mit dem Oberarme und des Radius mit der Ulna haben, wie andere Gelenke mit einfacher Bewegung um Eine Achse, auch einfache Seitenbänder, welche die verbundenen Knochen aneinander heften, ohne ihre Bewegung zu hemmen, an den einer jeden allein zugehörigen Enden des Contactes. Wo sie dagegen in der zu beiden gehörigen Articulation des Radius mit dem Oberarme zusammenstossen, sind die für beide denselben Zwecken dienenden Haftbänder auch vereinigt zu einer Schlinge, die den Radius an Oberarm und Ulna zugleich festhält, ohne eine seiner beiden Drehungen zu hemmen.

Das einfachste starke Seitenband des Ellbogengelenks sitzt an der medialen Seite seines Gelenkkopfes dicht unter der Spitze des Epicondylus, wo die Achse der Beugung und Streckung aus der Seitenfläche desselben hervortritt, auf eine kleine Stelle

zusammengedrängt und am Rande der Aushöhlung der Ulna ausgebreitet an, verhindert also jede Entfernung letzterer von ihrem Gelenkkopfe ohne ihre Drehung um die Achse desselben irgend zu hemmen.

Wenn ausnahmsweise, wie Bergmann (Müllers Archiv 1855, S. 346) einmal beobachtet hat, das Ellbogengelenk ein wenig aus einer mittleren in die extremen Lagen federt, wird dies wahrscheinlich durch eine Befestigung vieler Fasern dieses Bandes oberhalb der Mitte des Gelenkkopfes, von wo sie sich also bei einer Mittelstellung über die Achse hin am meisten auszuspannen hätten, der Annäherung an dieselbe also widerstreben würden, bedingt sein, oder es kann auch eine ungleich starke Krümmung vorderer und hinterer Theile der Gelenkflächen die gleichmässige Spannung des Bandes von einem gemeinsamen Mittelpunkte der Drehung am einen Knochen aus zu allen bei derselben vorkommenden Stellungen des anderen hin unmöglich und eine wechselnde Ausdehnung desselben federnd wirksam machen. Eine solche Verschiedenheit der Krümmung kann bei der Ausbildung eines Theiles derselben erst nach der Geburt (s. o.) sehr leicht vorkommen.

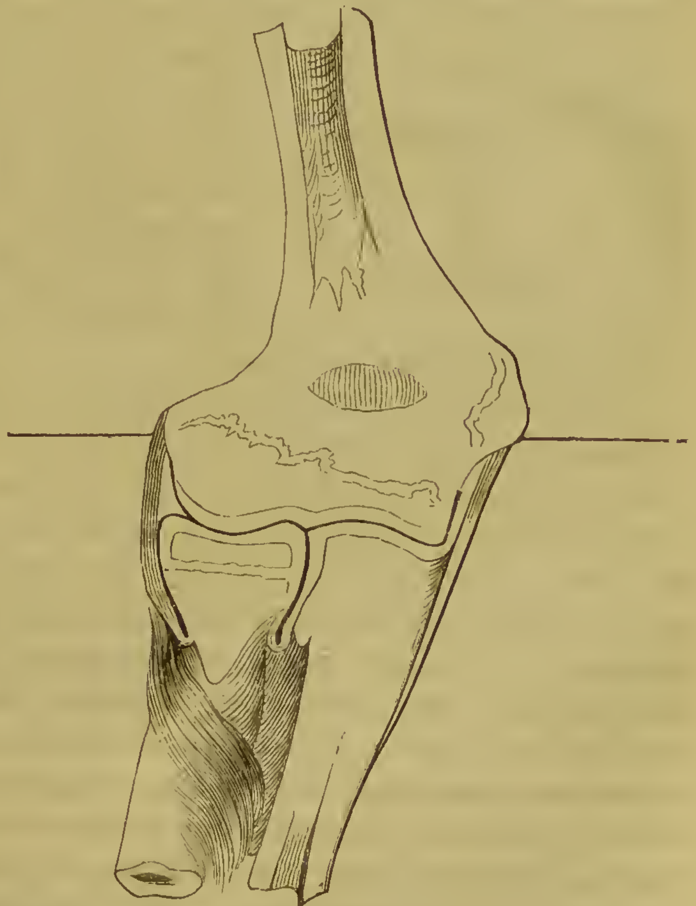
Aehnlich einfach ist die Befestigung des Radius an der Ulna am untern Ende. Der Faserknorpel, der mit dem Rande der Pfanne des Radius festverbunden seiner ganzen Länge nach ansitzt, ist an der Spitze des Proc. coronoides der Ulna, durch welche die Achse ihres Gelenkkopfes austritt, durch lockere Bandfasern (lig. subcruentum) angeheftet, hält also den Radius gegen die Ulna fixirt ohne seine Drehung um die Achse zu hemmen, kann derselben folgen, ohne sich von der Anheftung zu entfernen, indem er sich dabei um diese selbst dreht. Er entspricht also ganz einem einfachen Seitenband und ist nur zu einem grossen Theile fester in sich und mit dem Radius zusammenhängend, weil er zugleich mit demselben nach unten die Pfanne für das Handgelenk bilden hilft. Gegen dieses schliesst er die kleine Gelenkhöhle des Contactes von Radius und Ulna ab, die ausserdem von vorn und hinten durch eine sehr schlaffe, den Rand der Pfanne mit dem Gelenkkopfe verbindende Kapsel umschlossen ist.

Einmal habe ich die Anheftung des Faserknorpels an den Radius in ihrem mittleren Drittel von einer feinen Spalte unterbrochen gesehen, durch welche also die Gelenkhöhle des Ulnaköpfchens mit der des Handgelenks communicirte. Eine Lockerung seiner Anheftung an der Ulna ist sehr häufig und macht sich durch etwas Abweichen des Radius von ihr und Hervortreten ihres Köpfchens, besonders bei extremer Pronation bemerklich.

Wo die beiden Gelenke in dem Contacte des Radius mit dem Oberarme zusammenstossen, ist derselbe an die Ulna und den Humerus zugleich befestigt durch Bänder, die nirgends an ihm selbst stark angewachsen sind, sondern ihn nur so umfassen, dass

er sich innerhalb derselben frei um beide Achsen drehen kann. Am Oberarme sitzt ganz ähnlich wie an der medialen Seite auch unter der Ecke des lateralen Epicondylus ein starkes Band fest, welches bestimmt ist, die Entfernung des Unterarmes von demselben zu verhindern ohne seine Drehung um die Achse der Beugung und Streckung zu hemmen, also ein richtiges zweites Seitenband. Es sitzt aber nicht am Radius fest. Denn dann würde es zwar Beugung und Streckung zulassen, aber die Drehung um die in ihm herablaufende Achse verhindern. An beiden Enden der Pfanne der Ulna, in welche der Gelenkkopf des Radius passt, ist ein Bandstreifen angeheftet, welcher denselben vollständig umfasst, lig. annulare. Er ist ebenfalls nicht mit ihm verwachsen, aber mit jenem Seitenband so verschmolzen, dass sie zusammen eine Schlinge darstellen, in der der Radius mit seinem ringsherum glatten oberen Ende umfasst und dadurch gegen die beiden anderen Knochen festgehalten ist. Nur der untere freie Rand des lig. annulare ist ganz dünn an den Radius angewachsen, der obere hängt stärker mit der Kapsel vor und hinter dem Capitulum zusammen, ebenso wie das zwischen beiden mit ihm verbundene Seitenband. Der Radiuskopf steht mit seinem oben etwas breiteren Rand in dem Schlitze des lig. annulare wie in einem Knopfloche, kann sich frei darin drehen, aber nicht heraus.

Fig. 35.

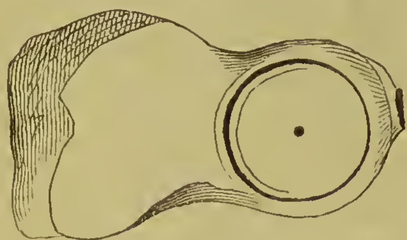


Die gemeinsame Synovialspalte des Ellbogengelenks erstreckt sich demnach von rechts nach links über beide Theile des Gelenkkopfes am Oberarme und die auf sie passenden

Pfannen beider Unterarmknochen hin und abwärts am Radiusköpfchen bis zu dem engen Halse desselben in seiner Umfassung durch die glatte Fläche, die sich von der Pfanne der Ulna gleichmässig auf die Innenseite des lig. annulare fortsetzt. Sie reicht an den Seiten nur wenig, aber vorn und hinten hoch am Oberarme herauf bis in beide Gruben der Trochlea. Die Kapsel über denselben wird bei Annäherung der Knochenränder, zwischen denen sie ausgespannt ist, durch ihren innigen Zusammenhang mit den tiefen Schichten des M. brachialis internus und triceps von der Spalte weggezogen. Die Umfassung des Radiusendes ist eine gegen die Ulna unbewegliche Hülse, die sich seinem ganz freien Umfang wie dem glatten Zapfen einer Thürangel ringsherum genau anschmiegt.

Sägt man den Unterarm einen halben Zoll unter der Rolle des Oberarmes in horizontaler Richtung durch, so wird der Radius innerhalb der Kapsel getroffen und von jeder Anheftung getrennt. Trotzdem lässt er sich nicht leicht aus der Hülse des lig. annulare entfernen, weil sein oberer breiterer Rand von der unteren trichterförmigen Verengung desselben zurückgehalten wird. Noch viel schwerer lässt er sich, wenn einmal herausgezogen, durch diese Enge wieder hineinstecken. Aber er dreht sich in ihr leicht und sicher. Am losesten ist der Verschluss der Gelenkhöhle um das Capitulum besonders an der hinteren Seite. Hier ist die Kapsel aussen durch die Mm. anconaeus quartus und supinator (brevis) gedeckt und angespannt.

Fig. 36.



Die überknorpelten Knochenflächen schliessen meist genau aufeinander. Es kommen aber an einzelnen Stellen häufig oder auch constant kleine Lücken zwischen ihnen vor, die von schlaffen Synovialfalten ausgefüllt werden. Insbesondere versteht es sich von selbst, dass vor und hinter der kleinen Stelle, an der sich, wie mehrfach erörtert, der obere Rand des Radiuskopfes und der laterale der Trochlea berühren, beständig ein Abstand zwischen ihnen bleibt. Nach vorn steht derselbe offen. Hinten legt sich ein Streifen Pfanne der Ulna darüber hin, der über den Radius hinauf bei Streckung den hinteren Theil der Trochlea umgreift, wo sie breiter ist als in ihrer neben dem Capitulum liegenden vorderen Hälfte. Denn dieser laterale freie Rand der Trochlea, auf welchen jener Randstreifen der Ulnapfanne hinter ihrem Ein-

schnitte für den Radius passt, bricht vorn ab an dem seitwärts gebogenen hinteren Ende ihres über das Capitulum vorstehenden Randes, wo der Radius bei Streckung anstösst. Bei Streckung passt also allein der laterale Randstreifen der Ulnapfanne auf den der Trochlea hinter dem Capitulum. Sobald dieselbe verlassen wird, kommt er über einen Theil des Capitulum dem er nicht aufschliesst. Eine ähnliche fast immer etwas klaffende Stelle findet sich an dem gegenüber liegenden Rande der Ulnapfanne für die Trochlea ebenfalls etwa in der Mitte zwischen seinen beiden Enden. Nicht selten ist auch der Schluss zwischen dem Capitulum und der Aushöhlung des Radius nicht oder doch nicht in allen Stellungen vollkommen congruent.

Diesen Stellen entsprechend hat die Kapsel innen lange dünne Falten, die grösste hinter dem Contacte zwischen Radius und Ulna, von wo sie sie sich bei Beugung in den erwähnten Abstand zwischen Radiusrand, Trochlearand, Ulna und Capitulum einschiebt, etwas weniger mobile vorn in die Oeffnung zwischen jenen beiden Rändern hineinragend, unter dem medialen Seitenband für die Lücke in der Pfanne der Ulna zwischen vorderer und hinterer Hälfte, sowie endlich auch an der lateralen Kapselwand für die Spalten, die vom Rande aus unter das Capitulum hineingehen.

Mit diesen Ungenauigkeiten im Schlusse des Gelenks hängen die schon im Normalzustande oft verschiedenen und bei vielen Leichen pathologisch ausgebildeten Unvollkommenheiten oder Defecte der Knorpelüberzüge zusammen. Die Ulnapfanne ist beim Erwachsenen fast immer in der Mitte durch einen nicht überknorpelten Streifen getheilt, der an den beiden eben bezeichneten Stellen ihres Randes, die fast nie der Trochlea aufschliessen, breit anfängt und sich nach der Mitte, wo die in die Furche der Trochlea passende Kante vorspringt, verschmälert oder ganz verliert. An der Trochlea dagegen ist umgekehrt an beiden Enden gegen die Vertiefungen über derselben hin, welche die Enden der Ulnapfanne nur bei den extremen Stellungen erreichen, der Ueberzug von hyalinem Knorpel bis zum unmerklichen verdünnt. Aehnlich verliert er sich am lateralen Umfang des Radius, wo das lig. annulare herumliegt.

Römer (a. a. O. S. 11. ff.) hat die Unvollkommenheit des Schlusses am Rande des Contactes der Ulna und Trochlea durch Querschnitte des Gelenkes dargestellt und den Zusammenhang des Knorpeldefectes mit derselben hervorgehoben, der gewiss richtig ist, wenn auch die Entstehung des stärkeren Andrängens beider Enden der Pfanne gegen die Trochlea beim Erwachsenen, wodurch die Mitte mehr abgehoben wird, während ursprünglich vielmehr die Enden etwas abstehen, selbst noch nicht

erklärt ist (s. o. §. 42.). Auch erklärt er ganz richtig, dass dadurch ein gleiches Schwinden des Knorpels am Humerus nicht einzutreten brauche, weil über alle Theile desselben die vollkommen schliessenden Enden der Pfanne stets hingehen. Die Ungleichheit der Ausdehnung des reinen Knorpelüberzugs über den lateralen Theil des glatten Umfanges vom Capitulum des Radius, welche durch die entgegengesetzten Angaben von Henle (Bänderlehre S. 75) und Römer bewiesen wird, die beide für viele Fälle richtig sind, kommt wohl von dem mehr oder weniger festen Anklemmen des lig. annulare an den Radius.

Schon mehr pathologisch, aber doch auch sehr häufig und seiner primären Ausdehnung nach sehr constant ist der Knorpeldefect an dem Randstreifen der Trochlea neben dem Capitulum. Dieser erklärt sich sehr natürlich aus dem mehrfach besprochenen streifenden Contact des Radius an dieser Stelle. Denn dieser Rand ist zum grössten Theil beständig frei von dem Drucke, den sonst jede Gelenkfläche von der ihr anschliessenden erleidet. Deshalb kann sich sein Knorpel leicht auflockern. Er erleidet aber, wenn der Rand des Radius an ihm hinstreift, auf einer kleinen Stelle eine bedeutende Reibung. Deshalb kann sich sein Knorpel leicht zerfasern. Die Enden des Randes, an welchen der Radius bei Beugung und Streckung anstösst, sind frei von dieser Veränderung. Denn an ihnen ist Druck und Reibung, sobald sich der Rand des Radius an sie anlegt und dann an ihnen auch gleitet, gleichmässig, wie in einem anderen Gelenke. Am entsprechenden Rande des Radius finden sich nur seltener und geringere Zerfaserungen seines Ueberzuges. Dies mag daher kommen, dass bei sehr vielen anstrengenden Beschäftigungen die Pronation und Supination stetiger und gewaltsamer angewandt werden als Beugung und Streckung. Bei ersterer wird aber immer der ganze Rand des Radius an einer kleinen Stelle von dem der Trochlea vorbeigeführt. Jener wird also gleichmässig übergestrichen, während an diesem die eine Stelle allein gerieben wird, die anderen ganz unberührt bleiben. Bei Beugung und Streckung würde das Umgekehrte der Fall sein, dabei dann also der Radius mehr leiden.

Dieser Knorpeldefect ist ebenfalls von Römer (a. a. O.) richtig hervorgehoben. Die Erklärung, die er giebt, genügt aber nicht, weil er nicht berücksichtigt, dass der Radius die Trochlea berührt, und deshalb einen Mangel an gleichmässigem Druck auf den Knorpel daher ableitet, dass die Spalte zwischen Ulna und Radius hier dem Oberarme gegenüber sei. Dies mag auch etwas beitragen. Sie ist aber nie so breit als der Defect.

§. 45. **Luxationen des Unterarmes.**

In beiden verbundenen Gelenken des Unterarmes kann Luxation Statt finden. Die Ulna kann sich vom Oberarme entfernen, wobei

ihr der Radius folgt; oder er kann von ihr und dem Oberarme getrennt werden. Beides wird, da die normalen Bewegungen alle durch Anstossen von Hemmungsflächen der Knochen aneinander geschlossen sind, durch Abhebelung hervorgebracht werden. Es ist aber für das Gelenk des ganzen Unterarmes mit dem Oberarme viel klarer als für die Verbindung zwischen seinen beiden Knochen, wie es kommt.

Wenn bei vollendeter Streckung das Olecranon in der Grube über der Trochlea anstösst, und die Gewalt, von der diese Bewegung bewirkt war, noch so stark ist, dass die Bänder, welche den Contact des Gelenkes erhalten, ihr nicht widerstehen können, so muss dasselbe nach vorn aufklaffen. Die Anstemmungsstelle wird der neue Drehpunkt, um welchen sich Ulna und Oberarm gegeneinander drehen, zu einer Knickung nach hinten, oder Ueberstreckung. So wird dann der Gelenkkopf nach vorn über den Rand seiner Pfanne hinausgedrängt und kann, wenn ein Stoss in der Länge des Oberarmes dazu kommt, über denselben auf die Vorderfläche des Unterarms verschoben werden, wo er sich vor dem Proc. coronoides fixirt, wenn der Arm wieder etwas gebeugt wird. Der Radius bleibt dabei mit der Ulna verbunden, in der Schlinge des Lig. annulare, da er mit dem Oberarme viel weniger fest verbunden ist, das Capitulum sich auch längst von ihm abgewickelt hat, ehe sich die Trochlea über der Ulna abhebt, sodass das laterale, mit der Schlinge des Lig. annulare verwachsene Seitenband nicht einmal zu zerreissen braucht um die Verschiebung zuzulassen. Die Zurückschiebung des Gelenkkopfes über den Proc. coronoides gelingt am besten in derselben Stellung der Längsdurchmesser der Knochen zu einander, in der er vorgeschoben war, also auch bei Ueberstreckung.

An diesem Beispiele ist das Gesetz der Reduction einer Luxation auf demselben Wege, auf dem sie erfolgt ist, am schlagendsten von Roser (Archiv f. physiol. Heilk. Bd. III. S. 183) mit praktischer Klarheit dargelegt worden.

Die Entfernung des Radius von der Ulna und damit zugleich vom Oberarme muss ähnlich zu Stande kommen, und wenn sich dies nicht so wie jenes an der Leiche demonstriren lässt, so kommt das wohl nur daher, dass man die Pronation und Supination nicht so leicht gewaltsam übertreiben kann, weil sich die Hand und der Radius nicht weit entfernt von ihrer der Länge nach liegenden Achse anfassen und so bequem, mittelst eines langen Hebelarmes für diese Drehungen, herumbringen lassen. Geschicht

es aber im Leben schnell und plötzlich, so muss der Radius durch Anstemmung des vorderen oder hinteren Randes seiner unteren Pfanne am Proc. styloides ulnae von dieser abgehoben werden, wozu bei nur wenig übertriebener Supination noch die zweite festere Gegenstemmung der Mitte seines Schaftes auf dem der Ulna hinzukommt. Es wäre freilich auch denkbar, dass er an der Hand gerade abwärts über den Gelenkkopf unten an der Ulna und aus der Schlinge des Lig. annulare von den beiden anderen Knochen weggezogen würde. Wie aber auch die Dislocation zuerst zu Stande kommen mag, so ist es immer sehr leicht verständlich, dass sie hernach so leicht sich vermehrt und so schwer zurück zu bringen ist. Das untere Ende zwar legt sich leicht wieder auf die Ulna. Das obere aber kann, wenn es erst aus des Umfassung des Lig. annulare heraus ist, leicht hinter dem Rande des Capitulum, den es schon bei normaler Streckung halb überschreitet, hinauf neben der mit dem Oberarme noch verbundenen Ulna weg verschoben werden und in das verlassene Knopfloch der unten engen Bandschlinge kaum wieder einschlüpfen.

Drittes Kapitel.

H a n d g e l e n k e.

---

§. 46. **Gliederung der Handwurzel.**

Die Handwurzel besteht aus zwei Reihen von neben einander liegenden Knochen. Die erste, Kahnbein, Mondbein, Pyramidenbein bildet mit dem Radius und der Bandscheibe auf dem Ulnaköpfchen das erste grosse Gelenk, in welchem die ganze Hand gegen den Unterarm frei beweglich ist. Die zweite, Trapezbein, Trapezoidbein, Kopfbein und Hakenbein bildet mit jener das zweite nicht minder frei bewegliche Gelenk. Mit den grössten Mittelhandknochen dagegen ist sie so gut wie unbeweglich verbunden. Die erste ist also allein ein selbstständiges Zwischenglied zwischen dem Unterarme und dem Hauptkörper der Hand. Sie ist aber auch in sich etwas beweglich. Insbesondere sind das Kahnbein und das Mondbein nicht fest aneinander geheftet. Sie können daher an der Bewegung der beiden Gelenke ungleich Theil nehmen.

Bewegt sich das eine gegen den Radius mehr, so muss die Hand, die dem ersteren folgt, gegen das letztere auch in dem zweiten Gelenke noch etwas bewegt werden und umgekehrt kann sich eins von beiden auch gegen den Radius mit der ganzen Hand etwas bewegen, wenn das andere still steht, die Bewegung also wesentlich in dem zweiten Gelenke vor sich geht; und zwar hat das Mondbein geringere Beweglichkeit gegen den Radius, mehr gegen die übrige Hand, das Kahnbein umgekehrt.

Die vielen kleinen Articulationen, die die Handwurzelknochen der ersten Reihe unter einander und jeder mit den beiden ihnen angrenzenden grösseren Stücken bilden, sind daher alle etwas verschieden und setzen nur, indem sie alle zusammenwirken, und besonders die nebeneinander gelegenen Verbindungen mit dem Radius und mit der übrigen Hand sehr ähnlich und vorzüglich gemeinsam drehbar sind, ein einheitliches System zusammen, welches sich nahezu vollkommen in die zwei oben bezeichneten Gelenke zerlegen lässt. Jede Articulation an sich lässt bei ihrer kleinen Ausdehnung und ihrem nicht sehr vollkommen genauen Schlusse das Gesetz ihrer Bewegung nicht wohl erkennen. Mit mehr Bestimmtheit scheiden sich schon zwei Arten von Bewegung, die man auf die beiden Hauptgelenke zurückführen kann. Auch sie sind aber erst künstlich aus den Lageveränderungen abzuleiten, welche die Hand scheinbar als ein Ganzes gegen den Radius macht, da man die Stellung der kleinen Handwurzelknochen der ersten Reihe äusserlich nicht unterscheidet. Es ist deshalb auch nicht thunlich bei diesen vielen kleinen ineinandergreifenden Gelenkchen, wie sonst bei zusammengesetzten Gelenken, von der Untersuchung und Beschreibung derselben im Einzelnen auszugehen und dann aus ihrer Zusammenfassung den Gesammtmechanismus zu construiren. Es lässt sich viel natürlicher umgekehrt verfahren, indem man zuerst das Bild der Gesammtbewegung in seine Hauptbestandtheile zerlegt, diese dann als in dem Mechanismus der zwei Gelenke, welche die drei ersten Knochen der Hand mit dem Radius und mit der übrigen Hand bilden, begründet findet und endlich zu der Unterscheidung der Antheile, welche die einzelnen kleinen Articulationen an der Bewegung beider nehmen, fortschreitet, welche sich dann zum Gesammtbilde der Beweglichkeit der Hand wieder vereinigen lassen.

Bei dieser Art der Eintheilung versteht es sich von selbst, dass von vorn herein nicht sehr streng verfahren werden kann, indem theils zuerst von kleinen Unterschieden

der verbundenen Einzelbewegungen abgesehen, theils der Unterscheidung derselben vorgegriffen werden muss. Dies kann aber die Zweckmässigkeit derselben nicht beeinträchtigen, da die beiden Hauptgelenke doch wesentlich die natürlichen Abtheilungen in der ganzen Gliederung zwischen Arm und Hand sind, obgleich sie sich bei genauerer Untersuchung nicht völlig trennen lassen. Dies kann nur so genug hervortreten, dass man ihre Trennung zuerst ganz durchführt.

Die Hand ist bei scheinbar ganz unbewegter Haltung des Vorderarms allseitig beweglich. Ein Theil dieser Beweglichkeit kommt aber, wie im vorigen Kapitel ausgeführt, zu Stande durch die Drehung des Radius an der Ulna, Pronation und Supination, die Drehung um die der Länge des Armes und der gerade gegen ihn ausgestreckten Hand entlang gerichtete Achse. Um diese ist sie nicht mehr zu bewegen, wenn der Radius fixirt ist. Es bleiben für die Handgelenke alle Drehungen um zur Länge des Armes quere Achsen, die noch am stillstehenden Radius ausführbar sind. Man kann zwei Hauptrichtungen solcher Drehung unterscheiden, um zwei hypothetische zu einander senkrechte Achsen, deren eine quer vom einen Rande der Handfläche zum anderen geht, die andere auf derselben senkrecht steht, von hinten nach vorn gerichtet. Bei der ersten bewegt sich die Hand nach der Seite ihrer Flächen hin vor- und rückwärts, bei der anderen seitwärts gegen ihre beiden Ränder hin. Man hat sie danach als Flächen- und Ränderbewegung unterschieden. Beide gehen von einer mittleren Haltung, bei der die Hand gerade aus in der Längsrichtung des Unterarmes steht, ziemlich gleich weit nach beiden Seiten, sodass sich namentlich bei der Flächenbewegung die Hinter- und Vorderfläche der Hand fast gleich sehr, bei vollkommen ausgebildetem Spielraume rechtwinklig gegen die des Radius hin biegen lassen. Man nennt aber allgemein aus Analogie mit der Bewegung des Ellenbogens und der Fingergelenke nur die Bewegung nach vorn Beugung, die nach hinten Streckung. Die Hinneigung der Ränder gegen die des Unterarmes bezeichnet man dagegen beiderseits als Radialflexion und Ulnarflexion, obgleich die letztere mehr von der gerade ausgestreckten Lage abweicht.

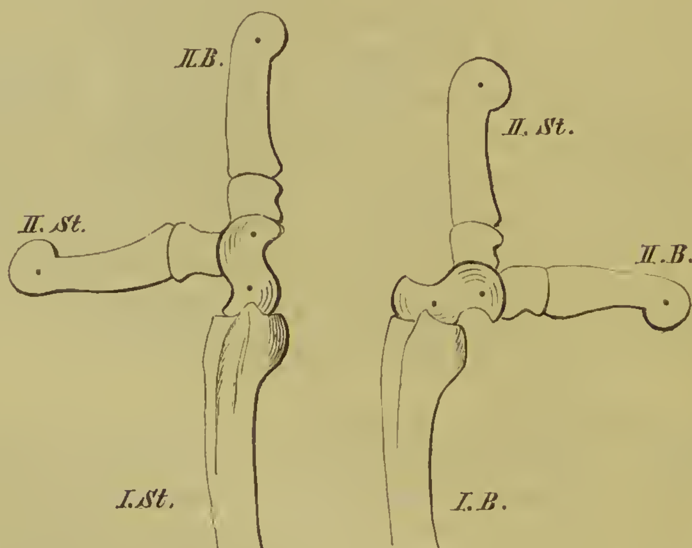
Diesen beiden Drehungen dienen die beiden Drehgelenke, welche die erste Reihe der Handwurzelknochen mit dem Radius und mit der Hand bildet. Sie entsprechen ihnen aber nicht so, dass im einen die eine, im anderen die andere zu Stande komme, sondern beide nehmen an beiden Theil, obgleich jedes nur eine einfache Achse hat. Diese Achsen sind nämlich beide etwa senk-

recht zum Längsdurchmesser des Armes und der Hand, aber beide weder rein quer von einem zum andern Rande der letzteren, noch von vorn nach hinten senkrecht zur Fläche derselben gerichtet, sondern annähernd quer, aber die eine mit dem radialen, die andere mit dem ulnaren Ende etwas vorwärts gerichtet. Daher ist die Drehung um jede derselben eine Beugung und Streckung, mit der sich immer etwas Neigung gegen den einen oder anderen Rand verbindet. Die Bewegungsbahnen beider Gelenke kreuzen sich wie ihre Achsen. Die kleinen Antheile der Ränderbewegung verbinden sich in beiden umgekehrt mit der Flächenbewegung, im einen Radialflexion mit Beugung, im anderen mit Streckung und umgekehrt. Werden nun beide Gelenke zugleich gebeugt oder gestreckt, so heben sich die einander entgegengesetzten Abweichungen von der reinen Bahn der Flächenbewegung in beiden auf, es resultirt die reine Beugung und Streckung. Wird eins allein bewegt, so kommt zu einer grösseren Bewegung in der Richtung von hinten nach vorn eine kleinere gegen den einen oder anderen Rand hin. Wird aber gleichzeitig das eine Gelenk gebeugt, das andere gestreckt, so werden die grösseren Antheile der Drehung eines jeden unmerklich; sie heben sich auf; es kommt keine Flächenbewegung zu Stande. Die Verschiebungen gegen die Ränder aber sind nun in beiden Gelenken die gleichen und summiren sich; es entsteht Ränderbewegung. Hieraus erklärt sich, dass weder Ränderbewegung in extremer Beugung oder Streckung noch Beugung und Streckung mit Beibehaltung einer extremen Ränderstellung ausführbar ist. Denn mit der einen Bewegungsart beginnt in jedem Gelenke auch die andere und diese kann nicht unwirksam gemacht werden durch entgegengesetzte im zweiten, wenn der Spielraum beider schon in dem gleichen Sinne für dieselbe erschöpft war.

Die durch Günther (das Handgelenk S. 16 u. 17) vielfach verbreitete Angabe, dass jedes Gelenk beide Bewegungen zu einem bestimmten Theile ausführe, z. B. das eine mehr die Ueberstreckung nach dem Rücken, das andere die Beugung nach vorn, beruht auf einem Irrthum von Günther und der Beweis derselben durch Versuche, welchen er versucht hat, kann nur für eine bestimmte Art des Ueberganges von einem Extreme zum anderen zutreffen. Man kann das eine oder das andere Gelenk zuerst oder zuletzt beugen oder strecken oder beide zugleich. Im letzten Falle geht die Bewegung am reinsten gegen die Fläche, in den beiden ersten durch die eine oder andere Ränderstellung; deshalb würde es auch unpraktisch sein, Beugung von der geradegestreckten Lage aus nach beiden Seiten hin zu unterscheiden, da die gleiche Bewegung eines jeden einzelnen Gelenkes bald zu der mittleren Lage hin, bald von ihr weg führt, je nachdem das andere gleichzeitig steht.

Die Beugung im ersten Gelenke, das die Handwurzel mit dem Radius bildet, hat die Richtung nach dem Radialrande hin, die im zweiten, das von den beiden Reihen der Handwurzelknochen gebildet wird, nach dem Ulnarrande, die Streckung in beiden umgekehrt. Demnach ergiebt Beugung und Streckung beider die reine Beugung und Streckung, Beugung des ersten und Streckung des zweiten Radialflexion, Streckung des ersten und Beugung des zweiten Ulnarflexion. Will man sich, ohne noch auf die nähere Betrachtung der einzelnen Gelenke einzugehen, ein übersichtliches Bild hiervon machen, so genügt hierzu ein Schema der Ansicht der Hand in ihrer Verbindung mit dem Radius gerade vom Radialrande aus, welches zeigt, wie sich die Hand bei den combinirten Drehungen der beiden Gelenke dem Radius nähert, oder von ihm entfernt. Die erste Reihe der Handwurzelknochen wird in diesem Profile vertreten durch das Kahnbein, welches hier mit zwei deutlichen Gelenkköpfen vorliegt, denen Pfannen des Radius und der zweiten Handwurzelreihe entsprechen, welches also die Drehpunkte für beide Gelenke trägt. Die Achse des ersten Gelenkes ist mit dem

Fig. 37.



hierher gekehrten Ende rückwärts gerichtet, die des zweiten vorwärts. Sie treten also auch schon aus den beiden Gelenkköpfen, die das Kahnbein trägt, die erste mehr hinten, die zweite mehr vorn aus. Der grösste Durchmesser des Knochens geht zwischen ihnen vom hinteren Ende des mit dem Radius articulirenden Gelenkkopfes zum vorderen des gegen die übrige Hand gerichteten

(tuberositas). Ist nun das erste Gelenk gestreckt, wie in der linken Seite der Figur (I. St.), so steht das Kahnbein mit dem hinteren Theile seines ersten Gelenkkopfes auf dem Radius und also mit seinem längsten Durchmesser in der Fortsetzung von dem des Radius. Ist das zweite Gelenk auch gestreckt, (II. St.) so steht der Knochen der zweiten Reihe mit dem an ihm befestigten Mittelhandknochen auf dem hinteren Abhange des zweiten Gelenkkopfes, also in voller Streckung. Ist es aber gebeugt, so steht er auf dem vom Radius jetzt möglichst entfernten Vorderende desselben, also in Ulnarflexion. Ist das erste Gelenk gebeugt (I. B.), so steht das Kahnbein mit dem vorderen Theile seines ersten Gelenkkopfes auf dem Radius und mit seinem längsten Durchmesser quer zu dem des Radius, indem das vordere Ende seines zweiten Gelenkkopfes nach vorn gerichtet ist. Ist dann das zweite Gelenk auch gebeugt (II. B.), so steht der Knochen der zweiten Reihe mit dem der Mittelhand vor dieser Vorragung des Kahnbeines nach Seiten der Hohlhand, also in voller Beugung. Ist es aber gleichzeitig gestreckt (II. St.), so stehen sie auf dem hinteren Theile des zweiten Kahnbeingelenkkopfes gerade aus wie der Radius gerichtet, aber weniger von ihm entfernt, also in Radialflexion und etwas weiter nach vorn, sodass man zwischen beiden eine gabelförmige Knickung bemerkt, in welcher der längste Durchmesser des Kahnbeins quer zu beiden nach vorn hinsieht.

So setzen sich also die beiden scheinbar einfachsten Hauptdrehungen der Hand um die quere und um die sagittale Achse zusammen, aus Combinationen von beiden in Wahrheit einfachen um zwei zwischen querer und sagittaler Richtung schief liegende, wobei immer ein Theil des Effectes der einen von einem der anderen für die Hand aufgehoben wird. Reine Drehung um die Achse eines einzelnen Gelenkes findet dagegen nur Statt, wenn die Hand zwischen einem Extreme der Flächenbewegung und einem der Randbewegung schief nach vorn oder hinten und einer Seite hin und her geht. Dem entsprechend ist auch die Wirkung der Muskeln nur eine einfache für eine dieser in Wahrheit einfachen, schiefen Drehungen, indem jedes Gelenk besonders gebeugt oder gestreckt werden kann, für die reinen Ränder- oder Flächenbewegungen aber stets beide zugleich angegriffen werden. Eine von jenen in Wahrheit einfachen Umdrehungen um Eine Achse aus einem Extrem der Flächen- in ein Extrem der Ränderbewegung eignet sich daher auch zur genaueren Bestimmung des Mechanismus

der Bewegung in jedem von den beiden fast ganz voneinander unabhängigen Hauptgelenken.

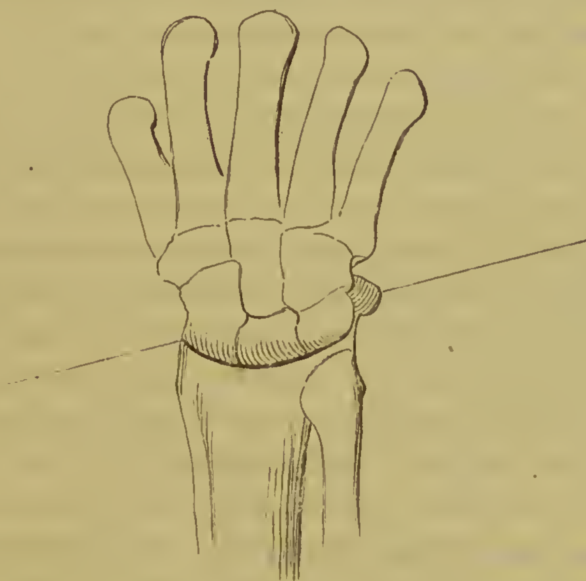
§. 47. Erstes Gelenk.

Als Bewegung des ersten, des Gelenkes zwischen Radius und Handwurzel, oder des Radiocarpalgelenkes lässt sich die Drehung der Hand bezeichnen, durch die sie zwischen voller Streckung und voller Radialflexion, oder zwischen voller Ulnarflexion und voller Beugung hin und her geführt werden kann. Denn, obgleich dabei auch ein Theil der Gelenke zwischen einzelnen Handwurzelknochen nicht ganz still steht, so verhalten sie sich doch wesentlich als ein Ganzes dem Radius gegenüber, und namentlich das Kahnbein macht dabei die volle Bewegung gegen den Radius, welcher die Knochen der zweiten Reihe mit der Mittelhand einfach folgen ohne Bewegung auf dem gegen sie hingekehrten Gelenkkopfe des Kahnbeins (Vgl. Fig. 37). An diesem Knochen, oder überhaupt am radialen Rande lässt sich deshalb auch diese ganze Bewegung am vollständigsten beobachten.

Wenn man in einen Knochen der zweiten Handwurzelreihe und in das Kahnbein von vorn her lange gerade Stifte einschlägt und dann die Hand bei fixirtem Unterarme aus voller Streckung in volle Radialflexion führt, so bewegen sich jene Stifte gleichweit vorwärts in einer von hinten nach vorn, zugleich etwas nach dem Radialrande hingerichteten Ebene. Die Achse, um welche sie sich dabei drehen, steht auf dieser Ebene senkrecht, also vom radialen zum ulnaren Rande der Hand ein wenig nach vorn gerichtet. Ihre Austrittsstelle aus dem radialen Rande liegt nahezu am Rande des Contactes von Radius und Kahnbein, sodass man, um sie unmittelbar durch einen bei der Drehung unbeweglichen Stift darzustellen, denselben beinahe ebenso gut in das Kahnbein stecken und bei fixirtem Radius die Hand bewegen kann als umgekehrt. Letzteres ist vorzuziehen, da die Lage der Achse zum Radius stets gleich bleibt, während sich das Kahnbein durch den Antheil, den es auch an der Drehung des zweiten Gelenks nimmt, etwas gegen die Achse verschieben kann. Am vorragendsten Punkte des Processus styloides radii, dicht am Rande des Contactes zwischen ihm und dem Kahnbein und dicht vor dem Rande der Sehnenscheide des M. extensor carpi radialis longus liegt eine Stelle, die sich nicht bewegt, wenn man die Hand fixirt hat und den Radius so bewegt, dass das Kahnbein an seiner Bewegung keinen Antheil nimmt.

Hier tritt also die Achse der Drehung zwischen der Hand und dem Radius, der Drehung des ersten Handgelenkes aus dem Rande des Gelenkes heraus. Befestigt man hier einen geraden Stift, so kann man ihm durch Probiren eine Richtung geben, in der er sich bei jener Bewegung nur noch um sich selbst dreht. Er stellt dann die Richtung und Lage der Achse dar, um die die Hand im ersten Gelenke gedreht wird; und zwar geht sie, in die Hand fortgesetzt gedacht, nahezu quer, aber etwas vorwärts durch die Knochen der ersten Reihe um an der Ulnarseite aus dem Erbsenbeine auszutreten. (Vgl. Taf. IV. Fig. 1. R C.)

Fig. 38.



Die Spalte des Gelenkes, welches der Radius mit der ersten Reihe der Handwurzelknochen bildet, tritt gegen die Achse seiner Drehung von der Spitze des Proc. styloides radii, in dem sie sich berühren, an bis zum ulnaren Ende hin in den Radius zurück. Die Handwurzel bildet dem entsprechend einen von hinten nach vorn gebogenen Gelenkkopf, der in eine gleiche Pfanne des Radius und der von seinem Rande aus über das Köpfchen der Ulna hingehenden Bandscheibe passt. Der Gelenkkopf besteht aus den weder ganz gleich gebogenen noch unter sich festverbundenen Gelenkflächen der drei nebeneinanderliegenden Knochen. Die Pfanne ist dem entsprechend abgetheilt durch etwas gegen die Grenze zwischen zweien von jenen drei Knochen der Handwurzel vorspringende Streifen, welche der Richtung der Bewegung gemäss von hinten nach vorn etwas radialwärts verlaufen. Zwischen dem

Pyramidenbeine und der Bandscheibe wird übrigens der Contact schon so unbedeutend, dass sie bei voller Beugung um die vor ihnen vorbei gehende Achse ganz von einander abgehoben werden. Vom Kahnbein und Mondbein werden nur hintere Streifen auf der Dorsalseite bei Beugung hervorgekehrt, d. h. bei voller Beugung sowohl als bei Radialflexion (vgl. Taf. IV. Fig. 2 u. 4); und treten in die Pfanne zurück bei Streckung, d. h. bei voller Streckung sowohl als bei Ulnarflexion (vgl. Taf. IV. Fig. 1 u. 5); umgekehrt vordere auf der Volarseite. Am Ende der Streckung stossen die hinteren, am Ende der Beugung die vorderen Ränder dieser kleinen Gelenkköpfe an den entsprechenden der Pfanne des Radius hemmend an. Namentlich kommt die Vorragung der Vorderseite des Kahnbeines bei Beugung in breite Berührung mit dem Radius und drückt sich bei Beugungscontracturen tiefer ein.

Der Gelenkkopf, den die Knochen der ersten Reihe zur Verbindung mit dem Radius bilden, hat ausser der Krümmung in einem von hinten nach vorn und etwas radialwärts gerichteten Durchschnitte, welche der in dieser Verbindung möglichen Bewegung entspricht, auch eine ziemlich gleichmässige ebenfalls convexe Biegung in seinem grösseren Durchmesser vom einem zum anderen Rande der Hand, sodass es scheint, als müsse er sich auch in einer zweiten Richtung noch in seiner Pfanne drehen lassen. Dies ist nur zu einem kleinen Theile richtig. Es ist richtig für das Kahnbein, aber nicht für das Mondbein, das Kahnbein nimmt auch etwas Theil an der zweiten Bewegung, die wesentlich nur in dem Gelenke zwischen erster und zweiter Handwurzelreihe zu Stande kommt; es dreht sich dann in der That etwas um eine zweite schiefgerichtete Achse. Das Mondbein steht dabei ganz still; an ihm kommt also nur die einfache Biegung des Gelenkkopfes in der Ebene der oben bestimmten Bewegung, senkrecht zu der Achse, welche von der queren Richtung am radialen Ende etwas nach hinten abweicht, für den Mechanismus in Betracht.

Das Mondbein ist es aber zugleich auch, welches bei der Bewegung des ersten Gelenkes selbst etwas zurückbleibt, sie nicht vollkommen mit dem Kahnbein und der übrigen Hand theilt, sodass diese bei ihrer gemeinsamen Bewegung gegenüber dem Unterarm zugleich auch in ihrer Verbindung mit dem Mondbeine sich etwas drehen. Steckt man bei voller Streckung in die Vorderfläche des Mondbeines, sowie in die des Kahnbeines, oder eines Knochens der zweiten Reihe gerade Stifte die ursprünglich gleich gerichtet

hervorstehen, und führt nun bei fixirtem Unterarme die Hand in die Radialflexion, macht also Beugung des ersten Gelenkes, so bewegen sich die Stifte zwar alle in gleicher Richtung vor- und etwas radialwärts, aber der im Mondbein befestigte wird von dem, oder den anderen etwas überholt; es hat eine etwas kleinere Drehung als das Kahnbein und die übrige Hand in derselben Richtung zurückgelegt. Soviel, als es sich weniger bewegt hat, müssen jene sich an ihm gleichzeitig in derselben Richtung bewegt haben. Dies ist auch sehr wohl möglich. Die Fläche, in welcher sich Mondbein und Kahnbein glatt überknorpelt berühren, ist eben und steht senkrecht auf der Achse des ersten Gelenkes; sie können sich also auch aneinander um diese Achse genau gleitend drehen, wenn das eine mehr als das andere in der Pfanne des Radius vor- oder zurück gleitet. Der Kopf des Kopfbeines aber, soweit er in die Pfanne des Mondbeins passt, ist nicht nur wie die übrigen Gelenkflächen zwischen Knochen der ersten und zweiten Reihe entsprechend der Achse des zweiten Gelenks, sondern allseitig kugelig gebogen, kann sich also auch zu einem Theile der Drehung des ersten im Mondbeine gleitend verschieben, wenn dieses dieselbe nicht vollkommen mitmacht. Seine Bewegung im Mondbein summirt sich dann mit der des Mondbeins zu der ganzen, die das Kahnbein am Radius macht, welcher die übrige Hand folgt. Genau genommen würde dies freilich voraussetzen, dass der Mittelpunkt des Kopfbeinkopfes in die Achse der Mondbeinrolle und diese zugleich mit der oben direct gefundenen, um welche sich das Kahnbein dreht, zusammen fiele. Dies ist nicht ganz der Fall. Der Mittelpunkt der Krümmung, die der Gelenkkopf des Mondbeines im Durchschnitte von hinten nach vorn zeigt, ist von dem des Kopfbeinkopfes etwas entfernt, liegt an der Grenze beider Knochen, oder noch im Mondbein (Vgl. Taf. IV. Fig. 6). Die Achse der Bewegung des Kahnbeins aber geht, soviel man sehen kann, etwa zwischen beiden durch. Antheile von Drehungen um jene können sich also zu einer um diese mit einer sehr geringen Ungenauigkeit zusammensetzen. Nur der schmale Streifen Hakenbein, der das Mondbein auch noch berührt, gleitet auf demselben nicht entsprechend der Bewegung des ersten Gelenkes, da er nur senkrecht zur Achse des zweiten gebogen, also mit dem Vorderende nicht etwas radial-, sondern etwas ulnarwärts gerichtet ist, sondern er entfernt sich etwas vom Mondbein bei Beugung und schliesst nur auf am Schlusse der Streckung des ersten Gelenkes. Damit

wird zugleich das ganze Hakenbein etwas aus der Hand heraus oder in die Hand herein über dem Pyramidenbein verschoben. Dieses folgt zwar schon wieder mehr als das Mondbein der Bewegung der ganzen Hand gegen den Radius, wird aber doch durch extreme Streckung in diesem Gelenke fast aus allem Schlusse sowohl mit der Bandscheibe auf der Ulna, als mit dem Hakenbein gebracht und derselbe tritt nur hemmend ein am Schlusse der Beugung. (Vgl. Taf. IV. Fig. 2 u. 3.)

Abgesehen von diesen kleineren Differenzen des Antheiles, den die drei Knochen der ersten Reihe an der Bewegung des ersten Gelenkes nehmen, bleibt dasselbe wesentlich doch ein einfaches, in dem die Hand als Ganzes mit dem Unterarme verbunden ist. Dem entsprechend hat es auch eine einfache Synovialhöhle, die sich vom Proc. styloides des Radius zu dem der Ulna herüber erstreckt, aber gegen das Gelenk zwischen diesen beiden Knochen durch die Bandscheibe, die Cartilago triquetra, gegen die Spalten zwischen den einzelnen Knochen durch Bandstreifen abgeschlossen ist, welche die Ränder der einander zugekehrten Flächen der drei Knochen verbinden und mit ihrem in das Gelenk sehenden glatten Ueberzuge die einfache Oberfläche des von denselben zusammengesetzten Gelenkkopfes bilden helfen. Sie sind dabei so schlaff, namentlich an der Verbindung des Kahnbeines mit dem Mondbeine, dass sie die kleinen Verschiebungen zwischen ihnen nicht hemmen. Ueberhaupt sind die Bänder um dieses Gelenk her an keiner Stelle ausgezeichnet straff, wenn auch ziemlich dick auf der Vorderseite, wo sie bei der extremen Streckung gespannt werden. Bei einer mittleren Haltung sind sie alle so erschlafft, dass bei vielen Menschen die Hand ohne allen Nachtheil etwas vom Radius abgezogen werden kann. Zwischen sie legen sich dann wahrscheinlich Falten der

Fig. 39.



dünnen hinteren Wand der Kapsel. Diese ist es, die nach aussen mit den Sehnenscheiden der Fingerstreckmuskeln zusammenhängt und zuweilen zwischen denselben hinaus hernienartige Ausstülpungen bildet, die zur Bildung der Cysten mit gallertigem Inhalte, der sogenannten Ganglien führen, indem sie sich nach und nach ganz vom Gelenke abschnüren können.

Das erste Handgelenk communicirt nicht selten mit dem kleinen Gelenkchen, in welchem das Erbsenbein der Vorderfläche des Pyramidenbeines beweglich aufliegt, indem es als Sehnenknochen des M. flexor carpi ulnaris auf und ab gleiten muss, darüber hin aber passiv nicht minder seitwärts verschoben werden kann. Die in der Regel getrennte vordere und obere Gelenkfläche des Pyramidenbeines hängen dann unmittelbar miteinander zusammen. Einmal sah ich auch das Gelenk zwischen Radius und Ulna mit dem Handgelenke communiciren, indem die Anheftung der Cartilago triquetra am Radius durch eine feine Spalte unterbrochen war. Beiläufig will ich hier einer Fraktur des Kahnbeines gedenken, die in hiesiger Anatomie zufällig gefunden wurde (Journ. 188), und durch welche, da sie nicht wieder vereinigt war, das erste Gelenk mit dem zweiten in Communication stand. Die Spalte ging von hinten nach vorn divergirend mit dem ulnaren Rande des Gelenkkopfes über ihn hin. Der fast ebene Contact der Fragmente, sowie der des radialen mit dem Radius war sklerosirt und abgeschliffen.

Von den Muskeln, welche als Flexoren und Extensoren der Handwurzel über die Vorder- und Hinterfläche ihrer beiden Gelenke, am ulnaren und radialen Rande verlaufen, sind doch nur die einen vorzüglich wirksam für die Drehung des ersten. Die Beugung, die zugleich etwas Radialflexion enthält, wird vom Flexor carpi ulnaris, die Streckung, die zugleich Ulnarflexion einschliesst, vom Extensor ulnaris bewirkt. Diese beiden verlaufen über das Gelenk weit genug von der Achse desselben entfernt, um einen guten Hebelarm zur Drehung desselben zu haben. Die beiden Extensores radiales dagegen und der Flexor ulnaris schneiden nahezu die Achse und sind also wenig oder gar nicht wirksam zur Drehung um dieselbe. Die Flexoren und Extensoren der Finger wirken auf das erste Gelenk so gut wie auf das zweite beugend und streckend mit.

§. 48. Zweites Gelenk.

Als Bewegung des zweiten, des Gelenkes zwischen den beiden Knochenreihen der Handwurzel, oder des Carpalgelenkes lässt sich die Drehung der Hand bezeichnen, durch die sie zwischen voller Streckung und voller Ulnarflexion, oder zwischen voller Radialflexion und voller Beugung hin und her geführt werden kann. Denn, obgleich dabei auch ein Theil der Verbindungen zwischen Knochen der ersten Reihe und dem Radius nicht ganz still steht,

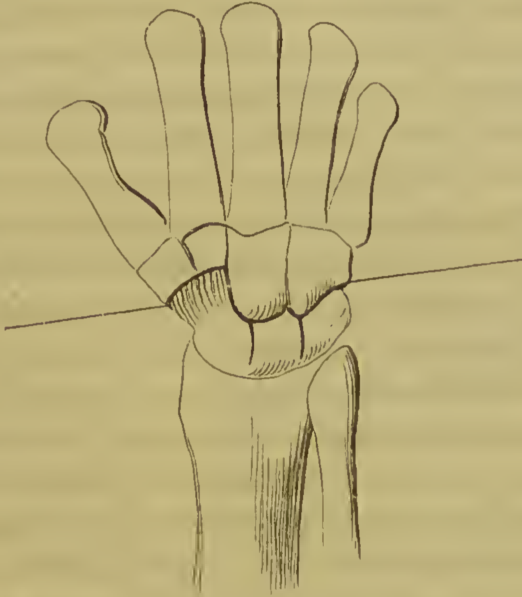
so verhalten sie sich doch wesentlich als fest verbundenes Ganzes, gegen welches die zweite Reihe mit der Mittelhand gedreht wird, und namentlich steht das Mondbein vollkommen still auf dem Radius. Das Kahnbein dreht sich zwar etwas in demselben Sinne wie die ganze Hand mit. Viel bedeutender thun es aber die beiden Knochen der zweiten Reihe auf dem Gelenkkopfe des Kahnbeins. Daher ist diese Drehung, die man am radialen Rande deutlich beobachten kann, zwar nicht vollkommen gleich der ganzen, welche zwischen Mondbein und Kopfbein geschieht; da sie aber doch als ein überwiegend grosser Theil derselben ihre Richtung wesentlich richtig zeigt, so ist auch bei diesem Gelenke die Aufsuchung der Achse seiner Drehung vom Radialrande aus am sichersten.

Wenn man in einen Knochen der zweiten Handwurzelreihe und in das Mondbein von vorn her lange gerade Stifte einschlägt und dann die Hand bei fixirtem Unterarme aus voller Streckung in volle Ulnarflexion führt, so steht der im Mondbein befestigte Stift still, der in der zweiten Reihe befestigte dreht sich vorwärts in einer von hinten nach vorn zugleich etwas ulnarwärts gerichteten Ebene. Die Achse, um welche sie sich dabei drehen, steht auf dieser Ebene senkrecht, also vom ulnaren zum radialen Rande der Hand zugleich ein wenig nach vorn gerichtet. Ihre Austrittsstelle aus dem radialen Rande der Hand liegt in der Spitze des Gelenkkopfes vom Kahnbeine, der das Trapezbein und Trapezoidbein trägt. Hier steht ein Punkt still, wenn man die Mittelhand festhält und den Vorderarm mit der ersten Reihe der Handwurzel gegen sie und die mit ihr verbundene zweite Reihe bewegt. Hier kann man dann einen geraden Stift so einstecken, dass er bei der Drehung des zweiten Gelenkes vollkommen still steht. Er stellt dann die Richtung und Lage der Achse desselben dar; und zwar geht sie, in die Hand fortgesetzt gedacht, so mitten durch die Handwurzel, dass sie auf dem Rücken des Hakenbeines austritt. (Vgl. Taf. IV. Fig. 1, 4, 5, 8, 9.)

Die Spalte des Gelenkes, welches die erste Handwurzelreihe mit der zweiten bildet, liegt nicht, wie die des ersten, ganz auf Einer Seite von der Achse desselben, sondern wird von ihr zweimal durchsetzt. Daher ist weder die erste noch die zweite Reihe der Knochen allein Gelenkkopf und Träger der Achse, sondern diese geht von der einen in die andere über, wie die der Pronation und Supination aus dem Radius in die Ulna. Also trägt auch hier theils der eine theils der andere Theil den Gelenkkopf und umge-

kehrt die Pfanne; nur dass hier nicht wie dort zwischen den Stellen, an denen dies der Fall ist, Stücke der Knochen liegen,

Fig. 40.



die sich nicht berühren, sondern im Gelenke selbst die Achse durch dasselbe aus dem einen Knochen in den anderen übergeht, die Vertheilung von Kopf und Pfanne wechselt. Die Achse geht zuerst durch den Gelenkkopf des Kahnbeines, an dessen Spitze ihre Austrittsstelle aufgesucht werden konnte. Dieser steigt von ihr gegen die Hand an, soweit das Trapezbein und Trapezoidbein reichen. Am Kopfbeine dagegen tritt die Berührungsfläche, in der es auch noch mit dem Kahnbeine zusammenstösst, plötzlich senkrecht zur Achse bis über dieselbe hinaus gegen die erste Knochenreihe zurück. Durch diese Berührungsfläche des Kahnbeines und Kopfbeines geht also die Achse in die zweite Reihe über. Diese bildet nun im Centrum der ganzen Handwurzel den stark in die Aushöhlung der ersten vorgeschobenen Gelenkkopf. Als Hauptstück desselben passt der kugelige Kopf des Kopfbeines in die Pfanne, die vom ulnaren Theile des Kahnbeins und vom Mondbein gebildet wird. Nach dem kleinen Absatze, den die Fortsetzung der Gelenkspalte von da weiter nach dem Ulnarrande hin in dem schmalen Rande bildet, mit dem das Hakenbein und Mondbein sich berühren, biegt sie sich allmälig wieder gegen die Achse hin, sodass der Gelenkkopf der zweiten Reihe, der auf der radialen Seite steil aus ihrer Pfanne hervortrat, sich hier flachab-

fallend verliert und das ulnare Ende der Spalte wie das radiale wieder nahezu mit dem Austritt der Achse zusammenfällt, so jedoch dass zuletzt noch das Hakenbein etwas concav erscheint. Dies stimmt zwar nicht ganz damit, dass die Achse, ihrer oben bestimmten Richtung nach aus dem Rücken des Hakenbeines austreten soll. Jene Bestimmung bezog sich aber eigentlich genau nur auf die Drehung, die zwischen dem Kahnbeine und der Hand geschieht, und es wird nachher noch zu zeigen sein, wie die totale Drehung des Gelenks, von der jene nur ein grosser Theil ist, eine etwas weniger nach hinten gerichtete Achse hat. Ueberhaupt wird aber am Ulnarrande auch in diesem Gelenke der Contact weniger constant genau, wie sich schon daraus ergiebt, dass, wie oben auseinandergesetzt, mit jeder Drehung des ersten Gelenks eine Seitwärtsverschiebung auch des Hakenbeines aus seiner Pfanne heraus verbunden ist. Die drei anderen Knochen der zweiten Reihe aber sind beständig in einem ziemlich genauen Schlusse am Kahnbeine und Mondbeine. Die Pfannen des Trapez- und Trapezoidbeines drehen sich ebenso gleitend auf dem Kopfe des Kahnbeines, wie der Kopf des Kahnbeines in seiner Pfanne um dieselbe Achse. Sie stellen zusammen im Ganzen ebenso gut wie im ersten Gelenke der ganze Handwurzelkopf und die ganze Pfanne des Radius und der Bandscheibe ein einfaches Drehgelenk dar. Auch hier kehren die grösseren Gelenkköpfe des Kahn- und Kopfbeines, die von den kleinen Pfannen des Trapez-, Trapezoid- und Mondbeines nie vollkommen bedeckt werden, hintere Streifen hervor bei Beugung, d. h. bei voller Beugung sowohl als bei Ulnarflexion (vgl. Taf. IV. Fig. 3 u. 5), und umgekehrt vordere bei Streckung, d. h. bei voller Streckung und bei Radialflexion (vgl. Taf. IV. Fig. 1 u. 4). Von letzteren ist insbesondere die Vorragung der Tuberositas des Kahnbeines, oder das vordere Ende seines Gelenkkopfes, aus dem seine Achse hervortritt, bei Radialflexion wie bei voller Streckung sehr deutlich an der Wurzel des Daumenballens, wo die Sehne des Musc. flexor carpi radialis gerade auf sie zu verläuft, äusserlich durch zu erkennen. Am Ende der Streckung stossen hintere, am Ende der Beugung vordere Ränder der Gelenkflächen aneinander, namentlich der Hals des Kopfbeinkopfes an die Ränder der Pfannen des Mondbeines.

Durch ein solches Anstossen des Halses vom Kopfe des Kopfbeines am Rande der Pfanne des Mondbeines wird es begreiflich, dass, wie hier von Herrn Professor Roser der Fall beobachtet ist, bei starker Beugung dieser kleine tief im Centrum der

Handwurzel versteckte Gelenkkopf allein von dem Körper des Knochens abbrechen konnte.

Bei der sehr stark geknickten Biegung der Berührungsflächen dieses Gelenkes vom einen Rande der Handwurzel gegen den anderen kann natürlich von einer Drehung desselben um eine andere Achse als die, nach welcher sie von hinten nach vorn gebogen sind, im Ganzen nicht die Rede sein. Nur die Verbindung des Kopfbeines mit dem Mondbein ist durch die nahezu kugelige Krümmung ihrer Contactfläche befähigt sich, wie schon oben erwähnt, auch an der Drehung um die Achse des ersten Gelenkes zu betheiligen und ähnlich gleitet dann auch der noch ähnlich convexe Theil des Hakenbeines in der Aushöhlung des Pyramidenbeines, wobei sie jedoch schon etwas auseinanderklaffen. Die Articulation des Kahnbeines dagegen mit allen drei dasselbe berührenden Knochen der zweiten Reihe hat durchaus nur die einfache Drehung um die gemeinsame Achse des Kopfes, auf welchen das Trapez- und Trapezoidbein und der Pfanne, in die die radiale Seitenwölbung vom Kopfe des Kopfbeines passt. Sie bilden zusammen ein sehr sicher nur um die einfache Achse drehbares Charnier.

Man kann sich dem entsprechend die zusammengesetzte Contactfläche dieser einfachen Articulation auch ganz einfach als Rotationsfläche denken, die entsteht, indem sich eine winkelig gebogene Erzeugungslinie um eine Achse dreht, welche sie schneidet (vgl. Taf. IV. Fig. 7). Denkt man sich freilich eine ganze Umdrehung dieser Linie um diese Achse, so kann man sich die entstehende Fläche nicht als Oberfläche eines einfachen Körpers vorstellen, da sie zwei in der Kreuzungsstelle beider Linien zusammenstossende Räume umschreibt, die aber nicht auf derselben Seite je einer Lage der die Fläche bildenden Linie liegen, von denen der eine Kahnbein, der andere Kopfbein darstellen würde. Als mit einer halben Drehung aber kann man sich ganz gut ein Stück der Oberfläche eines und desselben Körpers, welcher theils convex und theils concav ist, so gebildet denken.

Die Verbindung des Kahnbeines mit der zweiten Handwurzelreihe ist es nun aber wieder, wie im ersten Gelenke die des Mondbeines mit dem Radius, die nicht nur keine andere Bewegung als die dem zweiten Gelenke eigenthümliche machen kann, sondern auch an dieser selbst weniger Theil nimmt als die zwischen Kopfbein und Mondbein, sodass, um dies auszugleichen, das Kahnbein selbst auch in seiner Verbindung mit dem Radius und dem Mondbeine noch etwas in ähnlicher Richtung gedreht werden muss, damit diese Drehung mit der der Hand gegen das Kahnbein der gegen Mondbein und Radius gleichkommt. Der Gelenkkopf

des Kahnbeines, der in der Pfanne des Radius articulirt, ist denn auch so annähernd kugelig, dass er sich nicht nur um die eine Achse des ersten Gelenkes, sondern auch um eine etwas anders gerichtete drehen kann. Die nahezu ebene Berührungsfläche zwischen Kahnbein und Mondbein erlaubt bei ihrer zur Achse des ersten Gelenkes senkrechten Stellung eine Drehung des einen Knochens gegen den anderen um eine im umgekehrten Sinne von der queren Richtung abweichende nicht so vollkommen. Sie steht zu ihr wie eine schiefe Ebene, oder nahezu wie ein Stück einer Schraube, die vor- und radialwärts um sie herumläuft (vgl. Taf. IV. Fig. 8). Theils muss also das Kahnbein, wenn es auch gegen das Mondbein etwas um dieselbe sich dreht, ihrem ulnaren Ende bei Beugung etwas näher, bei Streckung etwas von ihm abrücken, wodurch in der That das zwischen seinem Vorderende und dem Haken des Hakenbeines ausgespannte starke Lig. carpi volare proprium bei Streckung über den Beugesehnen stärker angespannt, bei Beugung etwas erschlafft wird. Theils aber geschieht der Antheil von Drehung, mit dem das Kahnbein auch an der des zweiten Gelenks Theil nimmt, nicht ganz um dieselbe Achse, wie die der Knochen der zweiten Reihe auf ihm, sondern um eine etwas mehr rein quere. Ist dann die resultirende Hauptdrehung der zweiten Handwurzelreihe mit der Mittelhand gegen das mit dem Radius unbeweglich verbundene Mondbein gleich der Summe jener beiden, so wird sie auch nicht ganz um dieselbe Achse geschehen, die oben für ihre Bewegung gegen das Kahnbein bestimmt wurde, sondern sich etwas mehr der rein queren Richtung nähern, aber doch nur sehr wenig, da die Drehung zwischen Kahnbein und Hand doch viel mehr zu ihr beiträgt als die des Kahnbeins gegen den Radius. Damit stimmt die oben schon erwähnte Differenz zwischen der gefundenen Richtung der Achse und dem Verhalten der Contactfläche zwischen Haken- und Pyramidenbein. Die Achse der Articulation des Kahnbeines mit der zweiten Handwurzelreihe ging fortgesetzt gedacht durch den Rücken des Hakenbeines. Die der totalen Bewegung des ganzen Gelenkes ist von der Mitte des Kopfbeines aus nach dem Ulnarrande hin nicht ganz so stark nach hinten gerichtet und geht also noch durch die Gelenkfläche des Hakenbeines, wo die Biegung derselben aus der Convexität des Gelenkkopfes, wie er sich vom Kopfbeine aus fortsetzt, in eine Aushöhlung übergeht. Damit stimmt nun auch eine ähnlich wie oben beim ersten Gelenk angestellte directe Darstellung der Bewegung

durch in die Knochen eingesteckte Stifte, welche dieselbe als verlängerte Zeiger des Verhaltens eines jeden zu ihr deutlich machen. Stecken sie bei voller Streckung ursprünglich parallel nach vorn aus dem Mond- und Kahnbein und einem Knochen der zweiten Reihe, so steht nur der im Mondbeine bei Uebergang in Ulnarflexion vollkommen still, der im Kahnbein bewegt sich vorwärts und wenig ulnarwärts, der in der zweiten Reihe überhaupt viel mehr und in einer Ebene, die nach vorn auch mehr ulnarwärts gerichtet ist; aber doch nicht ganz so viel, dass sie genau senkrecht auf der Achse wäre, die im Kahnbeine still steht, wenn es bei fixirter Hand bewegt wird, um die sich also auch die Hand auf dem Kahnbeine drehen würde, wenn dieses nicht zugleich gegen den Radius mehr gerade nach vorn bewegt würde. Die Abweichung davon ist aber eine sehr geringe.

Auch das zweite Gelenk bleibt also abgesehen von kleinen Abweichungen ein einfaches, in dem die zweite Reihe der Handwurzelknochen, in welcher gar keine merkliche Bewegung Statt findet, mit der ersten als einem ziemlich ebenso geschlossenen Ganzen verbunden ist. Dem entsprechend geht auch hier eine einfache Synovialhöhle von einem Rande des Contactes beider Reihen durch alle Knickungen desselben bis zum anderen. Dieselbe communicirt aber zugleich mit den Spalten zwischen den Knochen der ersten Reihe, welche gegen das erste Gelenk durch die Bänder zwischen ihren convexen Rändern abgeschlossen sind; desgleichen mit den unbeweglichen Fugen zwischen denen der zweiten und ferner durch die zu beiden Seiten des Trapezoidbeines mit den ebenfalls bewegungslosen Contactspalten an der Basis des zweiten und dritten Mittelhandknochens. Gegen die der drei anderen ist es geschlossen.

Von den Streck- und Beugemuskeln, die sich an die Mittelhand inseriren, wirken auf das zweite Gelenk die, welche auf das erste so gut wie gar keinen drehenden Einfluss haben, und umgekehrt. Die nach der Ulnarseite hinneigende Beugung macht der flexor carpi ulnaris, der mit dem Erbsenbeine über die Vorderfläche des Gelenks weit genug von der Achse herübergelegt ist, um es stark nach vorn zu drehen, die nach der Radialseite hinneigende Streckung die beiden extensores carpi radiales, die ebenso weit hinter der Achse des Gelenkkopfes am Kahnbeine über das zweite Gelenk hingespannt sind. Der extensor ulnaris dagegen liegt am Rücken des Hakenbeines sehr nahezu in der Verlängerung der

Achse, um die sich das Gelenk im Ganzen dreht, da die des Kahnbeinkopfes, welche nur wenig von ihr abweicht, hier wirklich austritt, kann also kaum um dieselbe drehen; und noch reiner geht der flexor carpi radialis am Eintritte in die Sehnenscheide, die auf seinen Ansatz am zweiten Mittelhandknochen hinführt, gerade über die nach vorn vorragende Spitze (tuberositas) vom Gelenkkopfe des Kahnbeines, wo die Achse desselben austritt, also gerade durch einen Drehpunkt des Gelenkes, kann mithin gar nicht auf dasselbe drehend wirken.

§. 49. Uebersicht aller Articulationen.

Wenn es nun noch erübrigt aus der Darstellung der zwei Hauptgelenke die einzelnen kleinen Articulationen, aus welchen sie sich zusammensetzen, auszusondern und darnach ihre Vereinigung zu einem zusammenhängenden, nur annähernd in jene zwei Gelenke zerlegbaren Systeme klar zu machen, so ergiebt sich zuerst die Construction der vier bedeutendsten, welche das Kahnbein und Mondbein mit dem Radius und den Knochen der zweiten Reihe bilden, schon ziemlich einfach aus dem Obigen und hieraus lässt sich dann bereits das Schema des ganzen Systems ableiten. Daran schliessen sich ferner die übrigen vier, weniger ausgedehnt und genau schliessend beweglichen, die das Pyramidenbein mit der Bandscheibe und dem Hakenbein, und die das Mondbein mit den beiden anderen Knochen der ersten Reihe bildet, als den Mechanismus nur wenig mit bestimmende, aber die Festigkeit des Zusammenhanges unterstützende Ergänzungen des ganzen Systemes von kleinen Knochen.

Das Kahnbein und das Mondbein bilden mit dem Radius und mit der zweiten Handwurzelreihe zwei Charniere, welche dem ersten und zweiten Gelenke ausschliesslich angehören und die Beweglichkeit eines jeden derselben um nur Eine Achse typisch darstellen, und zwei Arthrodien, welche zwar der Hauptsache nach auch nur dem einen Gelenke angehören, daneben aber auch an der Bewegung des anderen Theil nehmen. Dies ergiebt sich beinahe vollständig schon aus dem Obigen.

Das einfache Charnier in der Linie des ersten Gelenkes ist die Verbindung des Mondbeines mit dem Radius. Die Achse des Gelenkkopfes, den das Mondbein zur Verbindung mit dem Radius bildet, liegt nahezu an der entgegengesetzten Gelenkfläche (Vgl. Taf. IV. Fig. 6). Die Richtung der Biegung senkrecht zur

Achse des ersten Gelenkes ist nur in dem dem Kahnbeine zugekehrten Rande des Gelenkkopfes deutlich erkennbar, sowie entsprechend in der vorragenden Grenze der Pfannenabschnitte für beide am Radius angedeutet. Daher ist auch ausnahmsweise eine geringe Verschiebung in einer anderen Richtung ohne Aufhebung des genauen Contactes denkbar, nach der auch in der queren Richtung leicht convexen Biegung des Kopfes.

Das einfache Charnier in der Linie des zweiten Gelenkes ist die bereits oben als Hauptstück desselben eingehend besprochene Verbindung des Kahnbeines mit den drei ihm anstossenden Knochen der zweiten Reihe. Ihre Drehbarkeit um nur Eine Achse ist unabänderlicher als die der vorigen, bestimmt durch die Combination von Kopf und Pfanne am Kahnbeine für die Pfannen am Trapez- und Trapezoidbein und für den Kopf des Kopfbeines mit derselben Achse. Die Richtung ihrer Biegung senkrecht zu dieser Achse ist deutlich erkennbar an dem Rande, von dem der Kopf in die Aushöhlung abfällt, sowie auch an einer vorragenden Kante, die entsprechend der Grenze des Trapez- und Trapezoidbeines von hinten nach vorn und ein wenig zur Ulnarseite über ihn hin zieht (vgl. Taf. IV. Fig. 3). Auch lassen sich entsprechende einfache Spurlinien der Bewegung auf ihm zeichnen.

Die Arthrodie in der Linie des ersten Gelenkes ist die Verbindung des Kahnbeines mit dem Radius. Der Gelenkkopf zeigt zwar entsprechend seiner Hauptbestimmung, der Betheiligung an der Drehung um die Achse des ersten Gelenkes, eine Andeutung von Zuspitzung an der Austrittsstelle derselben über dem Proc. styloides radii. Weiter hinein aber nach dem Mondbeine ist er so nahezu kugelig, dass er auch in etwas anderer Richtung ohne Aufhebung des Contactes in der Pfanne gedreht werden kann. Jene Spitze tritt dann über den Rand der Pfanne des Radius über dem Proc. styloides ein wenig hervor. Der Mittelpunkt des kugeligen Theiles liegt ziemlich genau in der Achse des Mondbeinkopfes, also des ersten Gelenkes und zwar an der anderen Seite des Kahnbeines etwa in der Aushöhlung in der die Radialseite vom Kopfe des Kopfbeines aufgenommen ist. Die Theilnahme an den Bewegungen beider Gelenke kann durch Spurlinien deutlich gemacht werden, die man durch beide Bewegungsarten, z. B. Uebergang von voller Streckung in Ulnarflexion und Radialflexion erhält. Die einen, von der Drehung des ersten Gelenkes herrührend sind lang und laufen entlang dem Rande des Kopfes, der an das

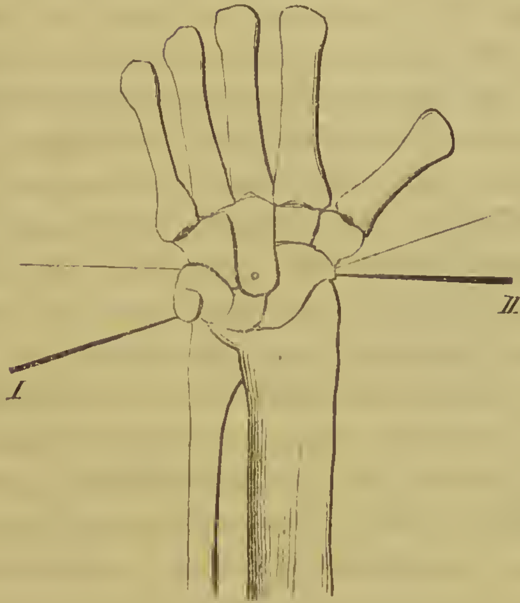
Mondbein stösst, vor- und radialwärts, die anderen, von der Drehung des zweiten Gelenks dargestellt, sind kurz und vor- und ulnarwärts gerichtet (vgl. Taf. IV. Fig. 8).

Die Arthrodie in der Linie des zweiten Gelenkes ist die Verbindung des Kopfes vom Kopfbeine mit der Pfanne des Mondbeines. Der Mittelpunkt der rein kugeligen Contactfläche beider im Centrum der ganzen Handwurzel fällt ziemlich genau in die Fortsetzung der Achse des Charniers, welches das Kahnbein mit der zweiten Reihe der Handwurzelknochen bildet. Die Achse des Gelenkkopfes vom Mondbein, der mit dem Radius articulirt, geht etwas näher letzterem und zugleich näher der Vorderfläche an ihm vorbei, daher ist der Abstand der Ränder beider Gelenkflächen des Mondbeines auf der Hohlhandseite beträchtlich grösser als am Rücken (Vgl. Taf. IV. Fig. 6). In dieser Arthrodie lassen sich ebenfalls bei Bewegung beider Gelenke Spurlinien zeichnen. Die der Bewegung des ersten Gelenkes entsprechenden sind kurz und etwa parallel den langen auf dem Gelenkkopfe des Kahnbeines, die von der Bewegung des zweiten sind dagegen hier lang und ähnlich den kurzen auf dem Kahnbeine vor- und ulnarwärts gerichtet, doch nicht ganz so stark, dass sie senkrecht zur Achse des einfachen Charniers des Kahnbeines und der zweiten Handwurzelreihe gerichtet wären, wie ja auch die Bewegung der Hand gegen das ruhende Mondbein in dieser Arthrodie nicht ganz so stark vor- und ulnarwärts geht, als der Antheil von ihr, den die Hand auf der Rolle des Kahnbeins macht (vgl. Taf. IV. Fig. 8).

Aus diesen vier Elementen des Gesammtmechanismus der Handwurzel lässt sich ein sehr einfaches Schema desselben ableiten, wenn man die nicht vollkommen richtige, aber doch fast zutreffende Annahme macht, dass sich die Achsen der beiden Gelenke schneiden, und dass in ihrem Kreuzungspunkte zugleich die Mittelpunkte der beiden Arthrodien zusammenfallen. Dann verhielten sich die letzteren beide zu jedem der beiden Drehgelenke mit einfacher Achse, wie die Arthrodie zwischen Oberarm und Radius zum Ellbogengelenke und zu dem zwischen Radius und Ulna. Sie könnten beide an der Drehung um die beiden Achsen Theil nehmen. Es ergäben sich also hier zwei Gelenke, zusammengesetzt aus einfachen Charnieren, die jedes nur zum einen gehörten, und Arthrodien, die an beiden Theil hätten, nur die eine mehr am einen, die andere mehr am anderen. Vermittelst der Arthrodien wäre eine allseitige Beweglichkeit der Hand um den gemeinsamen

Drehpunkt derselben, der mitten in der Handwurzel im Kopfe de Kopfbeines liegt, möglich. Durch die beiden Charniere, von denen

Fig. 41.



eins an jeder Bewegung Theil nehmen muss, wäre diese allseitige Beweglichkeit zu der um ihre zwei Achsen eingeschränkt, die dritte um die senkrechte ausgeschlossen. Ein solches Schema drückt genau aus, was, da die Annahmen desselben nicht völlig richtig sind, nur vermöge der Ungenauigkeiten im Schlusse der einzelnen Articulationen doch geschehen kann, und daher auch durch ein complicirteres Schema nicht vollkommen rein auszudrücken wäre. In der That gehen die Achsen beider Handgelenke sich überkreuzend oder nahezu wirklich kreuzend mitten in der Handwurzel an einander vorbei; und in der That dreht sich die Hand in zwei Richtungen nahezu um ein Centrum mitten in der Handwurzel.

Nach diesem Schema ergeben sich die Combinationen der Drehungen um die zwei Achsen, wodurch auch solche um zwei zwischen ihnen in derselben Ebene liegende zu Stande kommen können, sehr einfach. Steht der Radius still, so steht auch die Achse des ersten Gelenkes still, in dem die Hand vor- und radialwärts gedreht wird. Die des zweiten bewegt sich dabei über ihr so, dass bei Vorwärtsbewegung ihr radiales, vor der ersten austretendes Ende dem Radius genähert, ihr ulnares, hinter jener liegendes von ihm entfernt wird. Wird nun die Hand auch um sie gedreht, so kommt sie, wenn es nach derselben Seite geschieht,

wieder nach dem Rande herüber, von dem sie entfernt war. Hebt aber eine Rückwärtsbewegung im zweiten Gelenke die Vorwärtsbewegung im ersten auf, oder umgekehrt, so bleibt der eine Rand der Hand bei der nach der Länge des Unterarmes ausgestreckten Lage mit dem aus ihm austretenden Ende der Achse von dem Radius entfernt oder ihm genähert. Dies stimmt ganz mit dem oben vorläufig an die Spitze gestellten Profilschema (§. 64. Fig. 37), welches die Stellungen des Kahnbeines bei Beugung und Streckung des ersten Gelenkes und die damit verbundene Verlegung des Centrums der Drehungen des zweiten, d. h. des radialen Endes ihrer Achse erkennen lässt. Es liegt vor dem der gegen den Radius unbeweglichen und muss ihm also bei Vorwärtsdrehung um dieselbe näher kommen, und umgekehrt. Es ist nun auch leicht einzusehen, wenn man weiss, dass sich beide Achsen mitten in der Handwurzel kreuzen, wie sich dies am ulnaren Rande umgekehrt verhalten, die Hand von ihm entfernt werden muss, wenn sie sich dem radialen nähert. Die Entfernung des Kopfbeines vom Radius sollte ganz unverändert bleiben, wenn sich wirklich in seinem Kopfe die Achsen der beiden Gelenke schnitten. Dies ist nun aber beides nicht ganz der Fall. Die Kreuzung oder Ueberkreuzung der Achsen ist genau genommen etwas näher dem radialen Ende. Im Mondbeine liegt, wie oben erwähnt, die des ersten schon mehr nach vorn als die des zweiten im Kopfbeine. Also ist hier das Verhältniss von Näherung oder Entfernung der Hand, zu oder vom Radius schon das umgekehrte, wie am radialen Rande. Denn das Mondbein tritt bei Streckung des ersten Gelenkes, wenn also das Kahnbein der Länge nach vom Radius wegsteht (vgl. Fig. 37. I. St.), in die Pfanne desselben mit dem hinteren Theile seines Gelenkkopfes, dann liegt also nur sein hinterer dünner Theil zwischen dem Radius und dem Kopfe des Kopfbeines (vgl. Taf. IV. Fig. 6.), bei Beugung des ersten Gelenkes dagegen der vordere dicke.

Es ist leicht ersichtlich, wie daneben alle möglichen Uebergänge zwischen den einfachen Bewegungen um die Achsen der beiden Hauptgelenke und ihrer Verbindung zu Flächen- und Ränderbewegung möglich sind, und so mit Hinzunahme der Beweglichkeit des Radius gegen die Ulna die vollkommen allseitige Beweglichkeit der Hand herauskommt. Die Achsen der Einzeldrehungen gehen durch dieselbe Gegend in dem kleinen Raum der Handwurzel, schneiden sich aber eigentlich nicht. Denn, wenn

man auch von dem Abstande absieht, in dem sich die beiden Achsen der Handgelenke überkreuzen, so liegt doch ihre Kreuzung näher dem radialen als dem ulnaren Rande der Hand. Durch letzteren geht aber die der Pronation und Supination.

Es ist ferner klar, wie die Muskeln, die von vier Seiten her die zwei Achsen umgreifen, durch Combination stärkerer und schwächerer Spannungen in ihnen die verschiedenen Combinationen einleiten können. Es ist aber hierbei auch der Gegensatz ins Auge fallend, dass die zu energischem Zufassen oder Ausstrecken der Hand nutzbare Flächenbewegung als Combination der wesentlich übereinstimmenden Beugung und Streckung beider Gelenke durch die zusammenhängenden Muskeln derselben Seite bewirkt wird und dabei nur ein kleiner Theil des Ausschlags beider Gelenke sich gegenseitig aufhebt, dass dagegen die zu feineren Verrichtungen verwendbare Ränderbewegung nur eine Combination der kleineren Antheile von zwei Einzeldrehungen ist, deren grössere sich aufheben, und demgemäss auch durch das Zusammenwirken von Muskeln entgegengesetzter Gruppen bewirkt.

Die vier kleinen Articulationen, die nun noch aufzuzählen sind, treten noch weniger vollkommen genau entsprechend als die vier bereits besprochenen in das Schema des ganzen Systemes ein. Insbesondere gilt dies von den beiden fast ebenen Contacten zwischen den Knochen der ersten Reihe. Sie könnten eigentlich nur an Einer Drehung sich betheiligen. Sie nehmen in der That an beiden Theil, da nicht nur, wie oben entwickelt, das Kahnbein, sondern in geringerem Grade auch .das Pyramidenbein nicht nur ein wenig mehr als das Mondbein um die Achse des ersten Gelenks, sondern auch etwas mit um die des zweiten gedreht wird. Es genügt aber die Lockerheit der Verbindung dieser Knochen durch die über ihre Ränder hingespannten Bänder um die kleine Verschiedenheit der kleinen zwischen denselben bei der Drehung um beide Achsen nothwendigen Verschiebungen zuzulassen.

Die Articulationen des Ulnarrandes endlich schliessen am wenigsten genau und dienen mehr durch abwechselndes Anlegen ihrer Berührungsflächen zur Hemmung der extremen Bewegungen. Das Pyramidenbein hebt sich von der Bandscheibe auf dem Ulnaköpfchen bei Beugung des ersten Gelenkes ab, und schliesst auf ihr bei der Streckung. Das Hakenbein und Pyramidenbein vom Rande aus angesehen passen nicht von hinten bis vorn aufein-

ander und ihre gegenseitige Bewegung bei der Drehung des zweiten Gelenkes ist weniger ein Gleiten als ein Wiegen, wodurch sie bei Streckung hinten, bei Beugung vorn in schliessende Berührung kommen. Bei der Bewegung des ersten Gelenkes ist auch etwas Verschiebung des Hakenbeines aus der Vertiefung des Pyramidenbeines heraus und herein möglich. Ebenso wird der Rand des Hakenbeins, der das Mondbein berührt, bei der Beugung des ersten Gelenkes und auch etwas bei der Streckung des zweiten abgehoben und sein Anschliessen wird hemmend für die Streckung des ersten, sowie zum Theil auch für die ebenso ulnarwärts gerichtete Beugung des zweiten. Die Hemmungen der Bewegungen durch Anstossen des Hakenbeins am Pyramidenbeine sind noch nicht absolut, da das Pyramidenbein sich stets wieder noch etwas gegen das Mondbein verschieben lässt; die durch Contact des Hakenbeins und Mondbeins schon entschiedener; definitiv aber erst die an den vorderen und hinteren Rändern der Hauptgelenke, daher ist der Schluss der Handbewegung ganz allmälig und schliesslich doch ein absoluter durch Contact.

Viertes Kapitel.

Gelenke der Mittelhand und Finger.

§. 50. Handwurzel und Mittelhand.

Die Mittelhandknochen sind an ihrer Basis mit den Handwurzelknochen zweiter Reihe und ein wenig auch untereinander durch Gelenke verbunden. Davon sind aber nur die an den Rändern der Hand deutlich beweglich, vorzüglich das der Daumenwurzel, welches so verschieden und so isolirt von den anderen ist, dass es nach denselben besonders in Betracht gezogen werden mag, demnächst das des Kleinfingermittelhandknochens, in geringerem Grade auch das folgende. Die zwei grössten Mittelhandknochen dagegen, die den Zeigefinger und Mittelfinger tragen, sind mit den auch unter sich fast ganz unbeweglichen Knochen der zweiten Handwurzelreihe so fest aneinander gefügt, dass sie mit ihr den einfachen Hauptkörper der Hand bilden, der in den Handgelenken als Ganzes beweglich ist und von dem aus dann jene

Knochen der Handränder, sowie die Finger wieder sich bewegen. Die beiden Mittelhandwurzelgelenke des Ulnarrandes zeigen eine sehr einfache durch Kopf und Pfanne gebildete Charnierverbindung. Ein gleiches ist an denen der beiden grössten Knochen nur leicht angedeutet. Jene sind deshalb zuerst leicht zu charakterisiren, diese dann als kaum zur Erkennbarkeit ausgebildete Wiederholungen desselben Typus anzuhängen. Desgleichen die kleinen Articulationen, mit denen die Mittelhandknochen selbst an ihrer Basis verbunden sind.

Das Hakenbein trägt eine Pfanne, in welche der vierte und namentlich der fünfte Mittelhandknochen mit Gelenkköpfen passen. Sie sind deutlich von hinten zu vorn gebogen, also in der Pfanne um eine Achse drehbar, welche quer durch die Basis der Mittelhandknochen geht. Dieselben haben ähnlich wie Ellbogen und Fingergelenke Beugung und Streckung, d. h. Bewegung gegen die Hohlhand oder den Handrücken. Dieselbe hat für den kleinen Finger einen gar nicht unbedeutenden Ausschlag (circa 30°); für den vierten ist sie schon geringer. Gehemmt ist sie am fünften Knochen deutlich durch Anstossen von überragenden Rändern der Enden des Gelenkkopfes an denen der Pfanne des Hakenbeins. Die Pfanne ist entsprechend der Grenze beider Mittelhandknochen durch eine von hinten zu vorn nach der Richtung der Bewegung laufende Kante getheilt.

Fig. 42.



Luxationen des fünften Mittelhandknochens sind möglich nach vorherigem Aufklaffen des Gelenks nach einer Seite durch Anstossen der Knochenränder an der anderen, also nach hinten durch Beugung, nach vorn auf den Haken des Hakenbeins (wie dies von einem meiner Schüler Stud. Rabe in einem veralteten Falle beobachtet worden ist) durch Streckung, Fall auf die Vorderseite der Mittelhandköpfe bei gestreckter Hand.

Der zweite und dritte Mittelhandknochen zeigen wie die beiden anderen eine convexe Krümmung von hinten zu vorn; doch ist sie hier viel flacher. Am deutlichsten zeigen dies die scharfen Kanten, welche am zweiten die schmalen Ränder begrenzen, mit denen er das Trapezbein und Kopfbein berührt, während die grössere Fläche zwischen ihnen auf dem Trapezoid-

bein entsprechend einer stumpfen Kante des letzteren etwas vertieft ist. Am dritten dagegen tritt die Mitte der Gelenkfläche mit einer stumpfen Kante gegen das Kopfbein vor. Ausserdem trägt aber der dritte auf seinem Processus styloides eine entschieden vorspringende Fläche, deren Schluss am Kopfbein die Streckung absolut hemmt. Die Bewegung ist aber ohnehin nur unmerklich klein, da die Gelenkflächen von hinten zu vorn fast genau gleich gross an Mittelhand- als Handwurzelknochen und rings von kurzen straffen Bändern umgeben sind. Doch giebt die geringe Spur von Beweglichkeit auch dieser Knochen von hinten zu vorn, ähnlich wie die gerade so unbedeutende zwischen den Handwurzelknochen zweiter Reihe der Hand noch etwas mehr Elasticität.

Die kleinen Gelenkflächen, mit denen sich die Mittelhandknochen selbst an der Basis berühren, sind ähnlich denen zwischen den Handwurzelknochen erster Reihe so gut wie eben und von hinten nach vorn gerichtet, sodass sie sich auch bei Drehung um quere Achsen auf einander gleitend verschieben können. Nur sind sie auch, namentlich zwischen den beiden grössten Knochen sehr klein und zwar sehr gleich klein, sodass sie sich nur sehr wenig verrücken können.

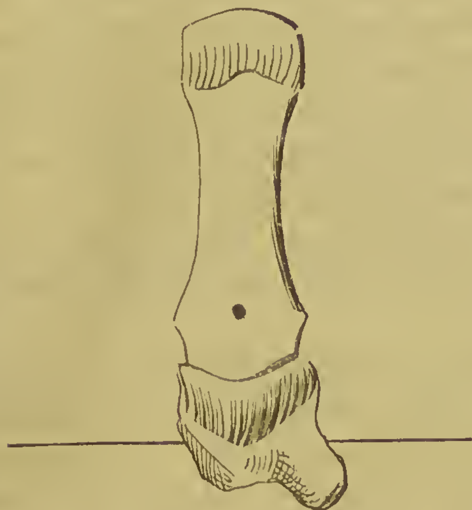
Die Gelenkhöhle an der Basis der beiden grossen Mittelhandknochen communicirt, wie schon erwähnt, durch die Spalten zu beiden Seiten des Trapezoidbeines mit der des zweiten Handgelenkes. Die zwischen den beiden ulnaren und dem Hakenbein ist von beiden völlig abgeschlossen durch Bänder, welche den Rand des Hakenbeines zwischen seiner dem Kopfbein und der Mittelhand zugekehrten Fläche mit beiden verbindet. Starke kurze Bänder umgeben die Gelenke von allen Seiten.

§. 51. **Sattelgelenk der Daumenwurzel.**

Der Mittelhandknochen des Daumens nimmt eine Art von Mittelstufe zwischen Mittelhand und Phalangen ein; er repräsentirt gleichsam den Mittelhandabschnitt und die Grundphalanx zugleich. Das Gelenk, welches ihn mit der Handwurzel verbindet, hat demgemäss die doppelte Beweglichkeit um zwei Achsen, aber nicht um eine dritte. Es ist das reinste Beispiel am Skelet des Menschen von einem Sattelgelenk, in dem, wie oben auseinandergesetzt (§. 6. S. 20), zwei Knochen gegeneinander um eine im einen und eine im anderen liegende Achse, die sich einander senkrecht überkreuzen, gedreht werden können. Das Trapezbein ist convex

gebogen um eine Achse, die von seiner am Trapezoidbein anliegenden Fläche zu der freien am Rande der Hand hingerichtet ist. Diese Krümmung umfasst der Daumen mit einer Aushöhlung und kann also von hinten nach vorn um die im Trapezbein liegende Achse derselben gedreht werden.

Fig 43.



Dagegen ist er selbst etwa senkrecht zu jener Krümmung, also von einem zum anderen Rande oder um eine von der Hinter- zur Vorderfläche gerichtete Achse convex gebogen und in eine entsprechende Aushöhlung des Trapezbeines aufgenommen, und hat also in ihr eine Ränderbewegung, deren Achse in ihm selbst liegt. Die Bewegung des Daumens vor und zurück neben den andern Fingern hat demnach ihre Achse noch in der Handwurzel; sie giebt einen grösseren Ausschlag von Bewegung des Daumenendes bei der gleichen Winkeldrehung. Die Näherung oder Entfernung desselben bei Spreitzung der Finger von den anderen macht bei gleicher Drehung keinen so weiten Weg der Daumenspitze, da sie ihr Centrum schon in dem ersten langen Knochen desselben selbst hat.

Man könnte die im Trapezbein liegende Achse des Gelenks als quere, die im Daumen liegende als sagittale bezeichnen, wenn nicht die Umbiegung der Handränder nach vorn gerade hier so stark wäre, dass die vom Rande in die Hand hinein gerichtete mit ihrem radialen Ende ebenso sehr nach vorn als radialwärts, und die von der Hinter- zur Vorderfläche gerichtete mit dem vorderen ebenso sehr ulnarwärts als nach vorn sähe. Beide Bewegungen lassen sich aber doch sehr wohl entsprechend ihrer Richtung zur Rücken- oder Hohlhandfläche des bewegten Knochens, die eine als Beugung und Streckung, die andere als Adduction und Abduction bezeichnen. Nur wird der Daumen bei Beugung zugleich vor die anderen Finger hin ulnarwärts, bei Abduction zugleich neben ihnen weg vorwärts bewegt. Ausserdem sind auch die Achsen beider Bewegungen nicht rein horizontal an der herabhängenden Hand, sondern die in Trapezbein liegende der Beugung

und Streckung convergirt mit dem den anderen Fingern zugekehrten Rande des Gelenkes, die im Mittelhandknochen liegende der Abduction und Adduction mit dem hinteren, sodass sich mit Beugung und Abduction eine Drehung der Vorderfläche des Daumens gegen die anderen Finger hin, welche man als Opposition bezeichnet, verbindet. In höherem Grade tritt dies namentlich hervor am Schlusse der Beugung. Wenn der vordere Rand der Gelenkfläche des Mittelhandknochens den der Wölbung des Trapezbeines bereits erreicht hat, kann er an ihm entlang noch eine kleine Strecke fortgleiten, wobei er sich fast rein um die dem Zeigefinger zugekehrte Spitze der Gelenkfläche des Trapezbeines dreht und so noch gegen die anderen Finger hin herumstellt, bis er sich gegen die Ansatzsehne des M. flexor carpi radialis am zweiten Mittelhandknochen anstemmt.

Ausserdem findet eine plötzliche absolute Hemmung der Bewegungen dieses Gelenkes nach keiner Seite Statt. Die Ränder seiner Contactflächen können etwas übereinander hinausgehen. Es würde sonst einen sehr kleinen Spielraum haben, da sie an beiden Knochen fast genau gleich gross sind. Auch der Schluss des ganzen Gelenkes ist gar nicht sehr genau, wie dies dem Charakter eines Contactes von Flächen entspricht, die genau genommen gar nicht congruent mit sich selbst in den beiden Richtungen verschiebbar sind, nach denen sie sich doch factisch gleitend auf einander verschieben. Wie also die ganze Construction auf einer kleinen Ungenauigkeit beruht, so zeigt sie sich auch beständig mit geringem abwechselndem Klaffen der Gelenkränder verbunden, namentlich auf beiden Seiten mehr als hinten und vorn, sodass also die Beugung und Streckung, ähnlich wie an den anderen Gelenken der Mittelhand und Finger, als die vorzüglich ausgebildete erscheint. Das Gelenk ist daher sehr leicht von aussen zu fühlen. Es ist auch rings herum nur von einer schlaffen Kapsel umgeben, wie eine Arthrodie, von der es sich ja in seiner Leistung nur durch das Fehlen der Drehung um eine dritte Achse und das nicht Kreuzen, sondern nur Ueberkreuzen der beiden, in beiden Knochen liegenden unterscheidet. Es wird nur durch Muskeln fest aufeinander angehalten, lässt sich passiv ohne Schwierigkeit und Verletzung etwas aufklaffen. Die Spalte dieses lockeren Contactes communicirt mit keinem der anderen Gelenke.

§. 52. Gelenke der Finger.

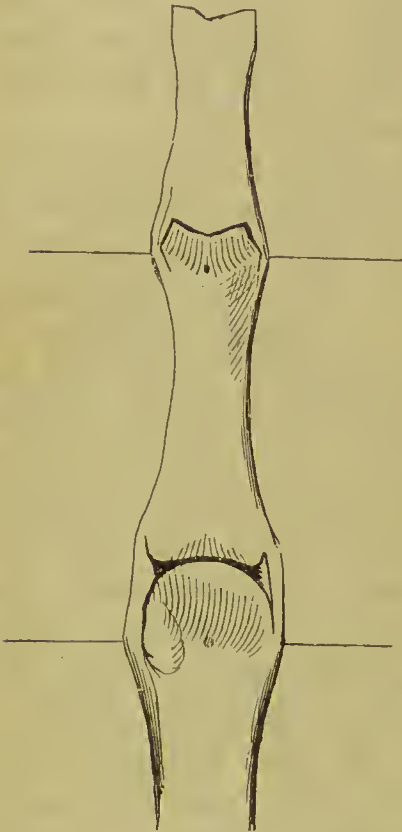
Alle Fingerglieder passen mit einer Pfanne ihrer Basis auf Gelenkköpfe der Mittelhandknochen oder der denselben näher gelegenen Glieder, welche alle von hinten nach vorn gebogen sind, auf denen sie sich also um quere Achsen drehen, beugen und strecken können. Zwischen den einzelnen Fingergliedern findet keine andere Bewegung Statt. Der ganze Finger hat aber gegen die Mittelhand noch geringe andere Verschiebungen.

Die Gelenkköpfe der Mittelhandknochen haben ausser der convexen Biegung in der Richtung von hinten nach vorn eine so gut wie vollkommen ebenso starke in der queren Richtung, können also als Stücke von Kugeln betrachtet werden, und unterscheiden sich von den kugeligen Gelenkköpfen der grossen Arthrodien nur dadurch, dass das Stück einer Kugeloberfläche, welches sie darstellen, ein länglicher Streifen derselben ist, mit dem grössten Durchmesser von hinten nach vorn, mit dem kleineren in der queren Richtung, sodass die Pfanne, an welcher dieser Unterschied nicht besteht, in der Richtung von hinten nach vorn sehr weit, in querer dagegen nur wenig über ihnen hingleiten kann, ohne den Rand des Kopfes zu erreichen oder zu überschreiten, sodass doch schon dadurch die Beugung und Streckung auch hier überwiegend wird. Ausgeschlossen wäre aber durch die Form der Gelenkköpfe keine Art von Drehung um den Mittelpunkt ihrer Krümmung. Nur am vorderen Ende treten zuweilen an den Seitenrändern der Rolle, die hier überhaupt etwas breiter wird, vorspringende Streifen hervor, die nur von hinten zu vorn gebogen sind, an denen demnach die Pfanne, wenn sie durch Beugung hierhin gekommen ist, nur noch diese einfache Bewegung fortsetzen, aber nicht mehr seitwärts verschoben werden kann.

H. Meyer (Physiolog. Anatomie. S. 42. 106.) hat für diese Gelenke und die entsprechenden am Fusse das Schema der Ginglymoarthrodie erfunden, das er dann auch auf das Knie anzuwenden versucht hat. Der Gelenkkopf soll aus einem hinteren kugelförmigen und einem vorderen nur drehrunden Stücke bestehen, die er sich entstanden denkt durch Drehung eines Kreisstückes zuerst um eine durch seinen Mittelpunkt gehende, dann um eine etwas mehr von ihm entfernte Achse. In dem hinteren Stücke soll die quere Biegung der von hinten nach vorn gleich sein, im vorderen die letztere etwas grösser. Ich kann aber an frischen überknorpelten Oberflächen der Gelenkköpfe keine wesentliche Zunahme des Radius ihre Krümmung am vorderen Ende bemerken und nur wo jene erhöhten Seitenränder auftreten, nimmt es mehr den Charakter einer einachsigen Rolle an.

An den Rändern der Gelenkflächen findet ein den Spielraum der Bewegung plötzlich abschliessendes Anstossen nur vorn bei Beugung Statt. Hinten können sie übereinander hinaus gehen, daher auch wirklich bei vielen Menschen eine sehr beträchtliche Ueberstreckung der Finger gegen die Hand ohne alle Beschwerde möglich ist, während die gewöhnliche normale Grenze der Bewegung nach hinten, bei welcher auch der Rand der Pfanne den des Gelenkkopfes schon erreicht, die gerade ausgestreckte Stellung ist. Auch die Seitenverschiebung findet, abgesehen vom vorderen Ende der Rolle, auf dem eine solche überhaupt nicht Statt hat, keine Beschränkung an den Knochen, da die Seitenflächen des Gelenkkopfes vom Rande steil abfallen, also den der Pfanne nicht am überschreiten jenes verhindern. Die Gelenke wären also überhaupt in jeder Richtung sehr frei beweglich, wenn nicht durch straffere Parthieen der Bandumfassung Beschränkungen einträten.

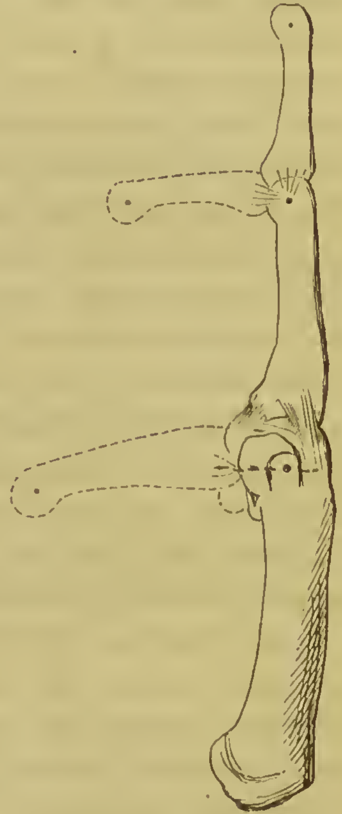
Fig. 44.



Die stärkeren Haftbänder, welche Theile der Kapsel bilden, stellen im Ganzen, der wesentlich einfachen Hauptdrehung um die quere Achse entsprechend einfache Seitenbänder dar, die beiderseits an den Seitenflächen der Gelenkköpfe, wo ihre quere Achse heraustritt, entspringen, die also die Phalanx, an die sie sich inseriren, gegen den Gelenkkopf festhalten, ohne die Drehung um die quere Achse zu behindern. Jede andere würden sie ausschliessen, wenn sie vollkommen in der Achse entspringend immer gleich stark von da zu ihrem Ansatze hingespannt wären, wie andere Seitenbänder. Dies ist aber nicht der Fall. Ihre Anheftung an der Seitenfläche der Gelenkköpfe liegt mehr am hinteren Rande als in der Mitte der vom Rande der Gelenkfläche umkreisten Vertiefung, aus welcher die Achse derselben austritt. Daher kommt ihre Anheftung an der Phalanx der am Gelenkkopfe bei Streckung

etwas näher, sie werden etwas erschlafft; bei Beugung entfernt sie sich von ihr, sie werden straffgespannt, zumal, da sie sich nun über die breiteren Ränder des vorderen Theiles der Rolle herum legen müssen. Also lassen sie, wenn der Finger gestreckt ist, eine geringe Entfernung der Knochen voneinander, sowie auch noch andere Bewegungen derselben zu, bei Beugung verhindern sie dieselben.

Fig. 45.



In Meyer's Schema der „Ginglymoarthrodie" soll der Ursprung der Seitenbänder an der Seite des Gelenkkopfes im Centrum der flacheren Krümmung des vorderen Theiles der Rolle entspringen, sich also zu diesem ginglymischen Theile des Gelenkes rein wie Seitenbänder verhalten, während der Mittelpunkt des hinteren kugeligen Theiles näher der Oberfläche liegen soll, sodass sie bei Streckung hinter ihm hinauf den kürzeren Abstand ihrer Enden erhalten und so erschlafft werden. Nimmt man nur einen Mittelpunkt der Krümmung an, so liegen sie eben etwas hinter ihm, was ihre abwechselnde Spannung und Erschlaffung vollkommen ebenso erklärt. Das Breiterwerden der Rolle nach vorn trägt ausserdem sicher mehr dazu bei, als die jedenfalls sehr geringe Excentricität des Ursprunges.

Man könnte zwei Arten Drehung um den Mittelpunkt der Kugel, von welcher der Gelenkkopf ein Streifen ist, annehmen, die ausser der um die quere Achse noch möglich sein müssten, wenn es die Bänder nicht verhinderten, die auch wirklich beide vollkommen rein ausführbar sind, wenn man die Seitenbänder getrennt hat, Drehung um eine der Länge der Finger entlang gerichtete Achse, Rotation und Drehung um eine von hinten nach vorn gerichtete, Ab- und Adduction. Erstere ist auch bei der Erschlaffung der Seitenbänder in der Streckung so gut wie ganz unmöglich, letztere fast rein und frei ausführbar, jedoch mit einem kleinen Antheil ersterer dabei.

Die überwiegende Behinderung der Rotation hat ihren Grund darin, dass die Seitenbänder vorwärts von ihrer Anheftung am Seitenrande der Pfanne an der Phalanx auch mit starken Fasern in die steife vordere Parthie der Gelenkkapsel übergehen, über welcher die Sehnenscheide der Flexoren hingeht und in welcher vor den Rändern der Gelenkrolle Sesambeine oder ent-

sprechende Faserknorpelkerne liegen, über denen die queren Ligg. capitulorum angeheftet sind, welche die Basis der vier langen Finger aneinanderhalten. Diese steife Kappe, die den vorderen Theil der Rolle umfasst, kann deshalb, wenn die Seitenbänder gespannt sind, gar nicht, und auch wenn sie bei Streckung erschlafft sind, nur äusserst wenig vor der Rolle hin und her, sondern nur um die quere Achse vor ihr auf und ab gleiten. Denn sie hängt ja auch bei Streckung noch an dem vorderen Theile der Gelenkrolle. Der vordere Rand der Pfanne selbst aber ist durch den Zusammenhang mit dieser Kapselparthie und die Verbindung des Seitenbandes mit seinem Ende, welches durch die Fortsetzung der Faserung desselben nach vorn umfasst wird, an einer beträchtlichen Drehung nach vorn und der Seite verhindert. Versucht man daher gewaltsam den ausgestreckten Finger um seine Längsachse zu drehen, so steht er auf der Seite, auf der man ihn vorwärts drückt, still, auf der andern geht er mit deutlicher Aufklaffung der Gelenkflächen nach hinten. Er dreht sich dann also nicht um den Mittelpunkt des Gelenkkopfes, sondern um das Seitenband, welches der Spannung nach vorn nicht nachgiebt. Hat man dagegen ein Seitenband getrennt, so kann man die Rotation nach vorn an dieser Seite ohne Klaffen ausführen.

Die Ab- und Adduction der Finger ist bei gestreckter Lage derselben, wenn die Seitenbänder erschlafft sind, ziemlich rein und frei ausführbar. Ganz gleichmässig bewegt sich aber doch auch nicht die ganze Pfanne vom einen zum anderen Rande der Gelenkrolle herüber, sondern ihr vorderer Rand wird an der Seite, von welcher sie sich im Ganzen entfernt, etwas zurückgehalten. Die Drehung erfolgt also nicht um eine rein quere, sondern eine nach vorn mit der Gelenkfläche des Fingers etwas convergirende Achse. Die Hinneigung nach der einen Seite ist mit ein wenig Rotation der Vorderfläche nach der anderen verbunden, (wie die Drehung und Neigung des Gesichts in den Gelenken des Atlas mit dem Schädel und dem Epistropheus). Denn dasselbe Seitenband würde zugleich die Drehung und Beugung nach derselben Seite verhindern, begünstigt also, wenn die eine vollkommen ausgeführt wird, um so mehr das Gegentheil der anderen. Das andere Seitenband giebt nach und lässt an seiner Seite die Ecke des vorderen Pfannenrandes ein wenig vortreten, wenn es durch Annäherung der ganzen Pfanne an seinen Ursprung am Mittelhandknochen zu möglichster Erschlaffung gelangt. Bei

starker Spreitzung der Finger also werden ihre Vorderflächen ein wenig gegen einander hin herumgewendet. Doch ist dies freilich sehr unbedeutend und man kann also doch mit Recht die zweite Bewegung der Finger, die sie an ihrer Basis ausser der Beugung und Streckung noch haben, nur als Ab- und Adduction bezeichnen. Sie geht wesentlich von Rand zu Rand der Gelenkrollen, wie die ausgiebigere entlang den Rändern um die Querachse. Auch am Daumen ist dies wesentlich ebenso.

An den verschiedenen Gelenkköpfen der Mittelhandknochen sind die Ränder nicht ganz parallel, sondern ein wenig nach vorn convergirend, ihre Achsen also analog der convexen Biegung des Handwurzelrückens ein wenig vorn gegeneinander gebogen. Die Finger convergiren also etwas bei Beugung und die Bewegung von Rand zu Rand geht bei den äussersten in der Abduction etwas vorwärts. In viel höherem Grade ist das namentlich beim Daumen der Fall, wie ja schon die Achse der ausgebildeteren Beugung und Streckung seines Mittelhandknochens bedeutend mit dem radialen Ende vorwärts gerichtet ist. Im Uebrigen verhält sich das Gelenk zwischen Mittelhandknochen und Phalanx ganz analog dem anderen, nur dass es meist absoluter auf Seiten der Streckung geschlossen ist durch eine Ecke am Ende des Randes der Gelenkrolle, wo die Pfanne oder, wenn das nicht, doch der hintere Rand des Seitenbandes sich anlegt.

Die Gelenke zwischen den Fingergliedern stellen das einfachste Schema reiner Charniere dar. Das peripherische Ende der Grund- und Mittelphalanx tragen Gelenkköpfe mit drehrunder Biegung von hinten nach vorn, die von einer mitten über sie hinlaufenden Furche in zwei erhöhte Seitenrandwülste getheilt werden, ähnlich wie die Rolle des Humerus, auf welcher die Ulna articulirt. Darauf passt die Basis der Mittel- und Endphalanx mit einer Pfanne, die entsprechend von hinten zu vorn ausgehöhlt und in der Mitte durch eine ebenso laufende, vorspringende Kante in zwei seitliche Hälften getheilt ist. Sie kann sich also über dem Kopfe nur um die quere Achse desselben und nicht anders drehen, einfach beugen und strecken. Dem entsprechend sind diese Gelenke auch durch reine Seitenbänder befestigt, die an der Seite der Gelenkfläche im Centrum ihrer Krümmung entspringen, also die Drehung um die quere Achse nicht hemmen, aber jede andere sowie jede Entfernung der Knochen voneinander. Der Spielraum der Bewegung ist, wie an den Gelenken, auf den Köpfen der

Mittelhandknochen nach Seiten der Beugung durch Anstossen des Randes der Pfanne an der Vorderfläche des Knochens, welcher den Gelenkkopf trägt, ganz plötzlich geschlossen, nach Seiten der Streckung nicht, da vom hinteren Rande des Gelenkkopfes die Rückenfläche des Knochens steil abfällt. Dennoch hört auch hier die Bewegung mit der gerade gestreckten Lage plötzlicher auf als an der Basis der Finger. Dies beruht wohl nur auf der Stärke der vorderen Kapselparthie, daher auch immer etwas elastische, zurückfedernde Ueberstreckung möglich bleibt.

§. 53. Luxationen der Finger.

Da die Gelenke der Finger sämmtlich zwar nach vorn durch Anstossen der Knochen aneinander entschieden geschlossen, nach hinten aber offen sind, so gehören sie zu den wenigen (wie ausserdem z. B. noch die Verbindung der Bandscheibe des Kiefergelenks mit dem Schädel), an denen eine Luxation ohne vorheriges Anstossen der Pfannenränder an Vorragungen des den Gelenkkopf tragenden Knochens und Aufklaffung des Contactes durch Anstemmen an dieser Berührungsstelle möglich ist, durch einfache Fortsetzung der normalen Bewegung über ihre normale Grenze hinaus; und zwar überschreitet der Finger den hinteren Rand des Gelenkkopfes. Insbesondere kann dies leicht zwischen Grundphalanx und Mittelhand geschehen, wo es, wie schon gesagt, in geringerem Grade oft schon gewöhnlich bei etwas schlaffen Bändern möglich ist. Ebendeshalb kommt auch die Luxation nicht sehr leicht zu plötzlicher Entscheidung, weil sich bei der allmäligen Zerrung der widerstrebenden Bänder die Gewalt, die den Knochen hintenüber treibt, erschöpft. Ist sie aber entschieden, so kann sie sehr schwer reducirbar werden und zwar durch Einklemmung des von der Vorderfläche des Mittelhandknochens abgerissenen vorderen steifen Theiles der Kapsel mit den Sesambeinen, wenn solche darin sind, unter den vorderen Rand der Pfanne. Um die Entstehung derselben zu erklären, muss man sich denken, dass nachträglich, wenn die Pfanne schon vom hinteren Rande des Kopfes abgeglitten ist, was bereits bei rechtwinkliger Ueberstreckung der Fall sein wird, doch noch dasselbe erfolgt, was bei geschlossenen Gelenken immer der Trennung von Kopf und Pfanne vorhergeht, dass nämlich dann noch durch weitere Annäherung der Hinterfläche des Fingers an die des Mittelhandknochens eine Anstemmung des hinteren Randes von ersterem an letzteren und plötzliche Abhebung

der Pfanne von der breiten Mittelhandrückenfläche zu Stande kommt. In den leeren Raum, der so entsteht, kann dann der Luftdruck jenen vorderen Theil der Kapsel hineintreiben, und hier kann er dann gefangen werden, indem der vordere Rand der Pfanne sich über ihm weg an den hinteren des Gelenkkopfes andrückt, wenn der Finger annähernd wieder gestreckt wird.

Das Gelenk des Daumens mit der Mittelhand verhält sich auch bei der Luxation den anderen ganz analog, nur dass sie bei der entschiedeneren Hemmung der Ueberstreckung sich plötzlicher entscheidet. Es giebt zwar viele Menschen die auch den Daumen überstrecken können, dies geschieht aber nicht im ruhigen Fortgang der Streckung über ihre Grenze, sondern mit einem Rucke, wobei die Seitenbänder über die hinteren Ecken der Gelenkrolle herüberschnappen müssen, ist also eigentlich schon eine Art von Luxation, ähnlich wie die Verschiebung des Kiefergelenkkopfes bei der Mundsperre. Ist die Fähigkeit des Gelenkes diese Dislocation durch Ausdehnung der schlaffen Seitenbänder ohne Schaden zu ertragen nicht vorhanden, so muss dieselbe auch schon eine gewaltsamere Trennung der Kapsel vom vorderen Rande des Gelenkkopfes zur Folge haben, auf welche bei etwas weiterer Ueberstreckung die oben erörterte Einstülpung der vorderen Kapselparthie mit den Sesambeinen unter die Pfanne folgen kann. Diese kann dann bei der grösseren Stärke der Seitenbänder und ihrer Umschlingung um den breiten hinteren Rand der Gelenkrolle ein um so grösseres Repositionshinderniss werden. Da ausserdem ausnahmsweise am hinteren Ende des Gelenkkopfes vorspringende Ecken vorkommen, an denen auch die Pfanne bei voller Streckung anstösst, so kann auch ausnahmsweise die Ueberschreitung der Grenze dieser Bewegung nicht möglich sein ohne vorherige Aufklaffung des Contactes durch Anstemmung der aneinander gestossenen Ränder und dann ist auch nach derselben ausnahmsweise Dislocation der Phalanx nach vorn möglich.

Wenn die Reposition der durch Dorsalflexion nach hinten luxirten Phalanx schwierig ist, so wird sie durch vorläufige Zurückführung der Phalanx in die Dorsalflexion erleichtert. Dies hat hier aber nicht den Sinn, wie bei Luxationen, die durch Abhebung der Ränder der Gelenkflächen voneinander und auf diese folgende Uebereinanderschiebung entstanden sind, ihre Ränder wieder übereinander zu heben. Denn die Pfanne würde sich ebenso einfach wieder auf die Rolle nach vorn hinüber schieben

lassen, wie sie von ihr heruntergeglitten ist. Es gilt nur der Wiedereröffnung der Enge, in welcher der vordere Theil der Kapsel (mit den Sesambeinen) zwischen Kopf und Pfanne eingeklemmt ist. Es kommt dann darauf an, diesen hinter der Pfanne her und unter sie hinein geschlagenen Theil vor ihr her über den Gelenkkopf zurückzuschieben.

Dies kann entweder so geschehen (nach Roser, Chirurgie III. Aufl. S, 678.), dass nach wiederhergestellter extremer Dorsalflexion der vordere Rand der Pfanne gegen den Rücken des Mittelhandknochens angedrückt und mit ihm der vor ihm liegende Kapseltheil wieder über den Gelenkkopf zurückgeschoben wird, wonach dann die Pfanne hinter ihm leicht wieder auf die Gelenkfläche zurückgleiten soll, oder man könnte auch versuchen, bei nur rechtwinkliger Dorsalflexion die Pfanne hinter dem interponirten Theil gegen den Rücken des Mittelhandknochens an und so jenen zwischen ihnen hinaus zu drücken, worauf er dann mittelst des angedrückten vorderen Randes der Pfanne wieder nach vorn und dieser dann also gleich in normaler Folge hinter ihm her auf den Kopf zu schieben wäre. Vielleicht kann auch unter Umständen eine Bewegung der Pfanne zur Seite und dann nach vorn die Lösung des um die hintere Ecke der Rolle geschlagenen Seitenbandes bewirken. Es ist wenigstens auf diese Weise meinem Freunde, dem Physikus Dr. v. Lengerke gelungen, eine Daumenverrenkung zu reponiren, die aus reiner Dorsalflexion nicht zurückging. Es kann freilich auch der Weg durch einen seitlichen Kapselriss auf diese Weise wiedergefunden gewesen sein, da ja die Luxation auch durch Verschiebung über den Seitenrand der Rolle entstanden sein kann.

Dritter Abschnitt.

Bein und Fuss.

---

§. 54. Uebersicht.

Die untere Extremität zeigt beim Menschen im Gegensatze zur oberen und mehr als diese ähnlich der vieler Thiere eine einfachere und auch etwas geringere Beweglichkeit zwischen ihren einzelnen Abschnitten, entsprechend dem ausschliesslich einfacheren immer wiederkehrenden Gebrauche zur Stützung und Fortbewegung des Körpers, dafür aber eine breitere Ausbildung der Berührungsflächen in allen Gelenken. Abgesehen davon sind sie bekanntlich denen des Arms und der Hand analog. Das Bein ist wie der Arm gleich am Anfange durch ein Kugelgelenk, dessen Kopf das obere Ende seines ersten Knochens ist, als Ganzes allseitig aber etwas weniger frei als der Arm beweglich; um so mehr, da der Knochen, welcher die Pfanne dieses ersten Gelenkes trägt, selbst keine Verschiebbarkeit gegen das untere Ende der Wirbelsäule hat. In seiner Mitte kann es ferner wie der Arm, und dies auch reichlich ebensoviel durch Drehung um eine zu seiner Länge senkrechte Achse gebogen werden. Dagegen fehlt die freie Beweglichkeit zwischen den beiden Knochen der zweiten Hälfte um eine ihrer Länge parallele, die am Arm die Umwendung der Hand mit dem Rücken nach hinten und vorn möglich macht. Sie ist ihrer Wirkung nach nur unvollkommen vertreten durch eine ähnliche des ganzen Unterschenkels in derselben ausschliesslichen Verbindung seines überwiegend starken Knochens mit dem Oberschenkel, in der auch die Beugung und Streckung geschicht. Dieselbe ist zu dem Ende in kleine Articulationen zerlegt, welche, durch Bandscheiben zwischen beiden Knochen getrennt, ihre Einzelbewegungen zu den beiden resultirenden verschieden combiniren und mit dem daran angeschlossenen Contact der Kniescheibe und des Oberschenkels das

complicirte System des Kniegelenks mit der grössten Synovialhöhle bilden. Dagegen ist die wirkliche Beweglichkeit der Unterschenkelknochen gegeneinander nur sehr gering und nicht selbstständig, sondern nur eine Ergänzungsverschiebung zu der Bewegung zwischen ihnen und dem Fuss. Am Anfang des Fusses bildet der Talus, ähnlich wie an der Hand die erste Reihe der Handwurzelknochen, aber noch vollkommener ausschliesslich zwei getrennte Gelenke mit einfacher Drehungsachse, aber kleinerem Ausschlag als der der Handgelenke, mit dem Unterschenkel und mit dem übrigen Fuss, ist also im Grunde ein ebenso selbständiges Glied der ganzen Reihe, wie Oberschenkel und Unterschenkel. Der übrige Fuss ist fast ein Ganzes. Nur der Calcaneus bewegt sich etwas weniger gegen den Talus als die übrigen Knochen; diese unter sich so gut wie gar nicht. Die Verbindung des Mittelfusses mit der Fusswurzel ist auch ähnlich, aber noch beschränkter beweglich, namentlich an der grossen Zehe im Vergleich mit dem Daumen, als die zwischen Mittelhand und Handwurzel. Die Beweglichkeit der Zehen endlich verhält sich der der Finger ganz analog, nur viel weniger nach der Beugeseite, aber etwas mehr nach der Streckseite ausgebildet.

Die Betrachtung dieser Folge von Gelenken gliedert sich noch einfacher als an Arm und Hand in vier natürlich getrennte Kapitel. Die grossen Contactstellen des Hüft- und Kniegelenks bestehen beide ganz für sich. Die beiden Gelenke, die der Talus mit dem Unterschenkel und Fuss bildet, liessen sich allerdings ebenso vollkommen sondern. Sie hängen aber doch durch das nahe Aneinanderstossen, sowie in den Störungen ihres Mechanismus so eng zusammen, dass sie besser gemeinsam abgehandelt werden. Daran schliessen sich wieder als letzte Gruppe die vielen kleinen Gelenke vorn am Fusse. Ausserdem bringt es aber der gleichmässig wiederkehrende Gebrauch der Beine mit sich, dass sich einige Betrachtungen über die Lage ihrer Gelenke beim Stehen und Gehen ganz naturgemäss hier anschliessen und zwar die Haltung des Rumpfes über ihnen betreffend nach der des ersten Gelenks, die Uebersicht der Stellungen ihrer einzelnen Theile selbst nach der der letzten.

Erstes Kapitel.

Hüftgelenk.

§. 55. Befestigung des Hüftgelenks.

Die Verbindung des ganzen Beines mit dem Rumpfe ist viel weniger frei beweglich als die des ganzen Armes, dafür aber desto fester anschliessend. Das Hüftbein, welches analog dem Schulterblatte die Pfanne für das erste grosse Gelenk des Oberschenkels trägt, ist mit dem unteren Ende der Wirbelsäule zwar auch durch Gelenke, aber doch so gut wie unbeweglich und mit dem der anderen Seite durch eine sehr straffe Syndesmose, ebenfalls mit so gut wie keiner Verschiebbarkeit verbunden. Das Hüftgelenk selbst ist zwar, ähnlich wie das Schultergelenk, eine allseitig sehr frei bewegliche Arthrodie, aber doch nicht mit so grossem Spielraum, dafür aber mit grösserem, vollkommen genau schliessenden Contact seiner Flächen.

Die glatten Flächen, mit denen der nach der Seite abgebogene hintere Theil des Darmbeines und der vordere der Seitenfläche des Kreuzbeines aneinanderliegen, sind vollkommen congruent, aber auch vollkommen gleich gross und durchaus nicht regelmässig gebogen. Es ist also gar keine gleitende Verschiebung derselben übereinander möglich. Dazu sind die Knochen nach hinten von ihnen, wo sie auseinanderstehen, durch starke Bänder aneinandergeheftet, die alle kurzfaserig vom einen zum andern übergehend keine Entfernung ihrer Enden zulassen. Nur am vorderen Rande des Contactes in der hinteren Wand des Beckenraumes liegen schwächere Kapselparthieen zwischen ihnen, die hier etwas Klaffen der Knochenränder zulassen würden. Auch dies ist aber normaler Weise unmöglich, da beide Darmbeine ausserdem durch die feste faserknorpelige Syndesmose der Schambeine fest aneinandergeheftet sind. Die Trennung des Beckens in drei Stücke hat also für die normale Mechanik nur die Bedeutung ihm eine etwas elastische Widerstandsfähigkeit gegen Stösse und Erschütterungen zu geben. Eine merkliche Lageveränderung ist nicht zwischen ihnen. Das

Becken ist wie der Schädel nur ein einfaches Stück der Skeletgliederung.

Am Hüftgelenke fällt im Gegensatz zum Schultergelenke zuerst die einfache und sehr vollkommene Einrichtung zur Erhaltung des Schlusses seiner Flächen auf. Es steht auf der Grenze der Art von Kugelgelenk, welche in der Mechanik als Nussgelenk bezeichnet wird und dadurch charakterisirt ist, dass die Kugel des Gelenkkopfes von der Hohlkugel der Pfanne in irgend einem Durchschnitte bis über einen grössten Durchmesser ihrer Krümmung hinaus umfasst wird, und sich also bei vollkommener Starrheit der umgreifenden Ränder der Pfanne schon dadurch nicht aus ihr entfernen kann. Eine solche Einrichtung, wodurch ein Gelenk am einfachsten zusammengehalten wird und noch im macerirten Knochen bleibt, giebt es nun, wie schon erwähnt (S. 39) am menschlichen Skelete nicht, und auch die Hüfte stellt sie nicht vollkommen dar, denn die Pfanne derselben ist im Knochen nicht vollkommen eine halbe Hohlkugel. Sie ist aber etwas mehr als eine halbe, wenn der elastische Saum mit dazu gerechnet wird, der ihren Rand ringsherum ergänzt, indem er auf dem knöchernen aufsitzt und der Kugel des Gelenkkopfes ebenso genau anschliesst, das Labrum cartilagineum, gebildet von sehr straffem Fasergewebe mit glattem Ueberzuge innen und aussen. Seine Oeffnung ist zwar auch noch so wenig kleiner als ein grösster Kreis der Kugel, dass diese bei der Elasticität des dünnen Randes, der sie umschliesst, durch eine geringe Dehnung desselben leicht aus ihr hervortreten könnte, dass also der Schluss in der That nicht rein nach Art eines Nussgelenks gesichert ist. Bei der zum Austreten des Gelenkkopfes aus der Pfanne nöthigen Dehnung würde sich aber der Rand erst recht genau an denselben anlegen und also wie ein Ventil die Spalte, welche in der Pfanne hinter dem von ihr sich entfernenden Kopfe sich öffnen würde, gegen den Raum vor ihr abschliessen, die Bildung eines leeren Raumes in ihr veranlassen. Da nun dem der Luftdruck widersteht, so wird der Schluss des Kopfes in der Pfanne durch ihn erhalten.

Dieser luftdichte Schluss des Hüftgelenks, wobei das Labrum nicht durch enge Umfassung, den Gelenkkopf selbst zurück haltend, sondern nur als Ventil mitwirkt, ist durch die klassischen Experimente der Brüder Weber bewiesen, welche zeigen, dass diese Wirkung des Luftdrucks genügt das ganze am Becken herabhängende Bein daran fest zu halten. Man kann ein ganzes Bein einer Leiche vom Becken frei herunterhängen lassen, die Hüfte

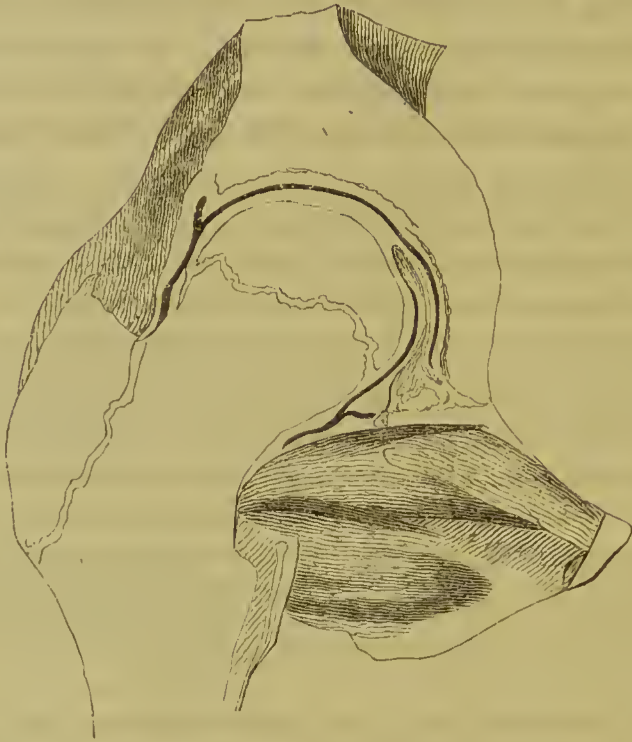
ringsherum von Muskeln entblössen und auch den Ansatz der Kapsel mit ihren Verstärkungsbändern am Oberschenkel ringsherum durchschneiden: es bleibt doch in der Pfanne genau schliessend; der Anschluss des Labrum an den Gelenkkopf erhält die Spalte zwischen ihm und der Pfanne abgeschlossen; sie kann sich nicht öffnen, weil nichts hinein kann, sie zu erfüllen. Sobald sie aber irgendwoher eröffnet wird, z. B. durch ein vom Becken aus in die Pfanne gebohrtes Loch, sodass die Luft auch in sie eindringen kann, hört die Befestigung des Beines in der Pfanne auf. Der Gelenkkopf tritt heraus und die Enge des Labrum setzt ihm dabei durchaus keinen Widerstand entgegen. Er sitzt aber sogleich wieder fest in der Pfanne, wenn man durch Hineindrücken die Luft wieder ausgetrieben hat und das Loch wieder zustopft.

Der ausführlichen Beschreibung dieser Versuche in W. u. E. Weber, Mechanik der Gehwerkzeuge ist die Berechnung angeschlossen, dass die Wirkung des gewöhnlichen Luftdruckes auf eine Grundfläche von der Ausdehnung des Gelenkkopfes vollkommen dem Gewichte des ganzen Beines entspricht. Je genauer sie ihm nahe kommt, um so mehr verschwindet jede Spur von Reibung im Gelenke, wenn das Bein ohne alle Wirkung von Muskeln frei am Becken hängend, im Hüftgelenke sich drehend hin und her pendelt. In der Regel muss aber doch noch etwas mehr aus der den Contact schliessenden Wirkung des Luftdruckes auf denselben resultiren, als nur die Aequilibrirung der Last des ganzen Beines, da man auch noch beträchtlich an demselben herabziehen kann ohne die Gelenkflächen auseinanderzubringen. Nie wird eine Muskelwirkung nöthig sein um Bein und Becken aneinanderhalten, wenn nicht sehr bedeutende Kräfte daran reissen; aber stets wird auch, wenn das Bein frei herabhängt, der Druck, unter dem es sich in der Hüfte dreht, um die Schwere des Beins kleiner sein als der der einfachen Atmosphäre auf die Contactfläche derselben.

Freilich berühren sich die Gelenkflächen der Hüfte auch innerhalb des Randes der Faserknorpellippe keineswegs ganz und die Lücke zwischen ihnen steht durch eine Oeffnung in der Pfanne auch nach aussen theilweise offen. Sie ist aber ausserdem so verwahrt, dass auch von hier aus keine Ausfüllung des leeren Raumes, der bei Aufhebung des Schlusses der Gelenkflächen entstehen müsste, möglich ist, der Luftdruck ihn also doch fest erhält. Die Vertiefung des Hüftbeins, welche die Pfanne bildet, ist nicht durchaus von einer dem Gelenkkopfe congruenten überknorpelten Hohlkugel gebildet, sondern nur ein ziemlich schmaler Streifen am Rande derselben herum, worauf die Faserknorpellippe im Anschluss an dessen glatten Ueberzug festsitzt, entspricht dieser Form, umschliesst aber einen nicht überknorpelten mittleren Grund der Vertiefung, der von der Oberfläche des Gelenkkopfes etwas absteht.

Auch dieser Rand von überknorpelter knöcherner Pfanne hat eine grosse Lücke in seinem unteren Theile. Hier spannt sich ein Theil des Labrum als Lig. transversum acetabuli herüber und unter dieser Brücke durch öffnet sich die Lücke zwischen dem Gelenkkopfe und dem mittleren Theil der Pfanne, welcher ihm nicht genau anschliesst. Dieselbe ist erfüllt von einem lockeren fetthaltigen Polster an der Pfanne aufsitzender Synovialbekleidung und enthält

Fig. 46.



ausserdem des Lig. teres, das über dem Loch zwischen Lig. transversum und Pfanne an diesen beiden breit, und an einer kleinen Lücke des Knorpelüberzugs in der Mitte des Gelenkkopfes zusammengedrängt ansitzt, sodass es, jenachdem diese Stelle ihre Lage über der mittleren Vertiefung der Pfanne wechselt, sich in verschiedenen Richtungen in das Fettpolster des letzteren eindrückt. Durch seinen Ursprung über dem Eingang in die Lücke des Contactes der Gelenkflächen und seine festere Zusammenschliessung gegen die Befestigung am Gelenkkopfe hin, verwahrt es die erstere schon ziemlich vollständig. Es bleibt aber immer hier eine zugängliche Stelle, von wo aus der Contact geöffnet werden kann, auch wenn der Rand des Labrum cartilagineum ringsherum genau

schliesst. Wenn hier das Gelenk vollkommen blosgelegt ist, tritt zuweilen der Kopf schon aus der Pfanne, ohne dass diese sonst geöffnet ist. Steckt man aber nur eine Fingerspitze in die Lücke unter dem Lig. transversum, so schliesst er wieder fest, wie wenn man ein gebohrtes Loch in der Pfanne wieder verstopft. Hier liegt aber der obere Rand des Musc. obturator externus so dicht darüber hin, dass er, wie die Muskeln der Schulter, den Eintritt eines die Lücke erfüllenden Theiles hindert und so den luftdichten Schluss des Gelenks bei allen Stellungen desselben erhalten hilft.

Die Faserstränge, die rings um das Gelenk her vom Umfange der Pfanne, etwas rückwärts vom freien Rande des Labrum entspringend sich an den Oberschenkel ansetzen, würden, da sie, wie bei jeder Arthrodie, Bewegungen um alle Achsen, die durch den Mittelpunkt derselben gehen, zulassen, also an keiner ausschliesslich feststehenden Stelle vorzüglich unnachgiebig angeheftet sein können, bei mittleren Stellungen auch der Entfernung der Gelenkflächen voneinander durchaus keinen Widerstand leisten, und dies geschieht also meist allein durch die Wirkung des Luftdrucks. Bei extremen Stellungen werden aber auch Theile der Bandumfassung des Contactes so fest angespannt, dass sie dann zugleich einer Oeffnung des Contactes widerstehen helfen. Namentlich werden die vorderen vorzüglich starken Faserstränge der Kapsel angespannt, wenn sich die Knochen nach hinten gegeneinander bewegen. Das Bein sitzt also bei voller Streckung auch dann noch fest in der Hüfte, wenn durch ein Loch in der Pfanne der Abschluss des Luftdruckes von der Spalte des Contactes und damit seine Wirkung auf Erhaltung des letzteren aufgehoben ist.

Auf diese Unterstützung des Schliessens der Hüfte durch Bänder hat Henle aufmerksam gemacht und damit der Weber'schen Darstellung seiner Sicherung durch den Luftdruck dieselbe Ergänzung gegeben, wie Langer (S. o. S. 135) meiner Uebertragung derselben auf die Schulter. Auch diese Nachhülfe in extremen Lagen, insbesondere in einer dazu besonders günstigen, gilt also in gleicher Weise für beide grosse Arthrodieen; nur ist sie bei der Hüfte ebenfalls bedeutender, weil die betreffenden Bänder viel stärker sind.

Die verdoppelte Haltbarkeit des festen Schlusses ist immer gerade dann gegeben, wenn er einzig stark angegriffen wird. Denn von jeder mittleren Stellung aus wird jeder Stoss oder Zug die Knochen zuerst in eine extreme treiben und erst dann auf Diastase und Luxation wirken, wenn die Hemmung der Bewegung eingetreten ist. Insbesondere wird dies vorzüglich über die ex-

treme Streckung hinaus möglich sein. Denn hier ist am ehesten eine bedeutende Ueberschreitung des normalen Spielraumes möglich. Dieser entgegen wirkt dann aber das Halten der Bänder auch am entschiedensten mit dem Schliessen des Contactes durch den Luftdruck zusammen; ähnlich aber auch bei den extremen Abductionen und Rotationen. Wenn trotzdem durch einen plötzlichen Fall des Körpers nach einer Seite bei fixirtem Beine Luxationen zu Stande kommen, also der ganze Zusammenhalt überwunden, ein leerer Raum gebildet und zugleich die Bänder zerrissen werden können, so ist dies nur dadurch begreiflich, dass die Kräfte, die darauf wirken, wie Schwere des Rumpfes u. a. an viel längeren Hebelarmen zur Drehung der Knochen um die Anstemmungspunkte der Ränder des Gelenks beim Aufklaffen desselben angreifen als der Widerstand der zusammenhaltenden, der Festigkeit der Bänder und des Luftdrucks, deren Angriffspunkte immer höchstens um den Durchmesser der Contactflächen von jenen Drehpunkten entfernt sind. (S. o. S. 49.)

§. 56. **Beweglichkeit des Oberschenkels.**

Der Mechanismus des Hüftgelenks ist mit der Bezeichnung desselben als einer einfachen Arthrodie vollkommen charakterisirt. Der Gelenkkopf des Oberschenkels dreht sich in der Pfanne, die ihm congruent anschliesst, soweit sie überhaupt glatt überknorpelt ist, um alle Achsen, die durch den Mittelpunkt der Kugel gehen, welcher ihre Berührungsfläche entspricht, und es ist nur die Lage dieses einfachen Drehpunktes desselben und die Ausgiebigkeit der Bewegungen um ihn nach verschiedenen Seiten aus der Lage der Gelenkflächen zu den beiden Knochen und ihrer relativen Ausdehnung, sowie aus dem Einflusse der Bänder, die sie verbinden, näher zu bestimmen.

Schon in der Einleitung (S. 32.) ist besprochen dass Aeby auf Grund von Differenzen der Stärke der Krümmung des Gelenkkopfes in verschiedenen Durchmessern, vorgeschlagen hat die Contactfläche nur als sphäroide aber nicht als reine Kugel zu definiren, dass ich aber hierin keinen Grund finde das alte Schema zu verlassen, da es den wirklichen Mechanismus volkommen rein erklärt und also die Abweichung der Gestalt von der angenommenen nur so gering sein kann, dass sie sich elastisch ausgleicht.

Der glatt überknorpelte Gelenkkopf ist beträchtlich mehr als eine halbe Kugel von etwas weniger als 1 Zoll Radius. Sie liegt noch viel weniger als die des Schulterkopfes gerade über der

Röhre des Knochens, der sie trägt. Der etwa 2 Zoll lange Hals, auf dem sie aufsitzt, macht mit dem Körper des Oberschenkels einen nur wenig stumpfen Winkel. Sein Längsdurchmesser, sowie der gerade in dessen Fortsetzung liegende Scheitel der kugeligen Gelenkfläche sieht bei ruhigem aufrechtem Stehen auf beiden Beinen, wie der des Schulterkopfes bei gerade herabhängendem Arm, ebenso viel nach der Medianebene hin als nach oben, während der Schaft des Oberschenkels dann vielmehr etwas nach oben seitwärts steht. Die Ebene des Randes der Gelenkfläche liegt schief von der Seite zur Mitte abwärts. Aus diesem Rande, wo der Knorpelüberzug allmälig verdünnt in einen faserigen übergeht, geht die Einschnürung der auch noch glatten Oberfläche des Schenkelhalses zunächst sehr allmälig ohne Absatz hervor und tritt erst in einiger Entfernung von ihm aus der idealen Fortsetzung der Kugel des Gelenkkopfes heraus. Am oberen lateralen Rande geht auch die überknorpelte Fläche oft noch ein Stück auf den Hals über, der dann hier nicht kugelig, aber doch auch in der Richtung von hinten zu vorn convex gebogen ist. Die Anheftung der Kapsel an den Hals ist ringsherum weit vom Kopfe entfernt, sodass vorn die ganze, hinten die halbe Oberfläche des Halses noch glatt überzogen, an der Bildung der Synovialspalte Theil hat. Etwa im Scheitel des Gelenkkopfes ist der Knorpelüberzug desselben durch die Lücke unterbrochen, in welcher sich der glatte gefässhaltige Strang des Lig. teres inserirt, welcher sonst frei und glatt zwischen ihm und der Pfanne liegt (S. o. S. 202. Fig. 46).

Die Aushöhlung der Pfanne mit ihrem Faserknorpelsaume stellt, wie schon gesagt, reichlich eine halbe Hohlkugel dar. Die Ebene ihres Randes steht bei gewöhnlicher aufrechter Stellung steiler, d. h. mehr nach der Seite, und zugleich auch mehr nach vorn hin sehend als die des Gelenkkopfrandes. Die Ränder beider Gelenkflächen sind dann also an ihrem hinteren, unteren und medialen Umfange weniger von einander entfernt als vorn, oben und nach der Seite. Das Centrum des Gelenkkopfes wird vom lateralen sowie auch vom oberen vorderen Rande der Pfanne nicht sehr weit überragt, während sie seinen hinteren und medialen Umfang weit herunter, fast bis zum unteren Rande umfasst. Daher ist die gewöhnliche Stellung keine mittlere aus den verschiedenen möglichen Drehungen des Gelenks. Die Kapsel setzt sich um den Rand der Pfanne herum nur ein wenig rückwärts vom freien Rande des Labrum cartilagineum an.

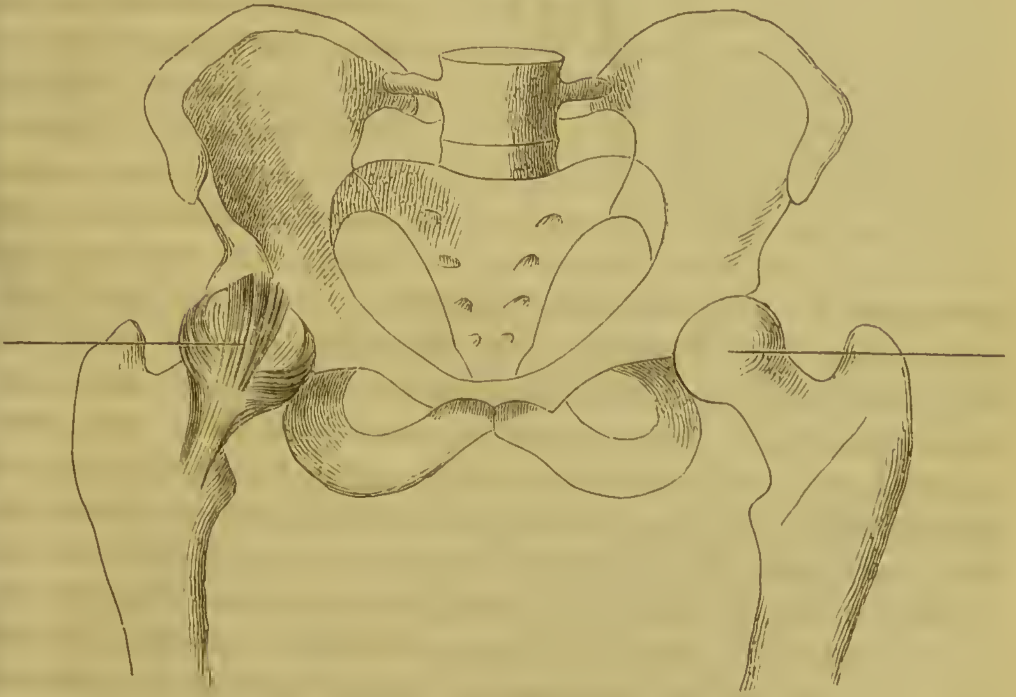
Da der Gelenkkopf ein viel grösseres Stück derselben Kugel ist wie die Pfanne, so kann er sich in den verschiedensten Richtungen ziemlich frei um alle durch seinen Mittelpunkt gehende Achsen in ihr drehen, bevor der Hals an ihrem Rande sich anlegt. Dies Anstossen wird keine ganz plötzliche Hemmung der Bewegungen geben, da der äusserste Rand der Pfanne elastisch ist, und sich also, wenn der Hals an ihm zur Berührung kommt, erst noch etwas dichter auf ihn andrücken lässt, ehe er ihn ganz zum Stillstande bringt. Auch dazu aber kommt es an einem grossen Theile des Gelenkumfanges normaler Weise kaum, da die Kapsel zwar ringsherum ziemlich lang, zum Theil aber auch sehr stark ist, und bei vielen extremen Stellungen zu völliger Unnachgiebigkeit gespannt werden kann, bevor die Ränder des Gelenks völlig zum Contact kommen. Besonders drängen sich stärkere Fasern zu festen Bandsträngen zusammen, gegen das untere Ende des vorn an der Linea obliqua anterior, zwischen Hals und Körper des Oberschenkels herablaufenden Ansatzes. Die bedeutendste Masse ist das von der Spina anterior inferior ilei gerade herablaufende Lig. ileofemorale (superius, Weber). Mit ihm kommen von beiden Seiten Stränge zusammen, die eine ganze Strecke weiter zurück am oberen und unteren Umfange der Pfanne entspringen, um den oberen und unteren Umfang des Halses fast kreisförmig herumlaufen (Zona orbicularis), während hier nur ein ganz dünnes Kapselblatt sich an denselben inserirt, endlich aber nach vorn und unten in dieselbe Insertion am unteren Ende der Linea obliqua eingehen. Diese Stelle wird also bei jeder Bewegung, wodurch sie vom oberen vorderen, oder auch vom unteren und hinteren Rande der Pfanne bedeutend entfernt wird, zurückgehalten, da dann immer ein Theil der an ihr festsitzenden Fasern in Spannung kommt. Ausserdem muss auch die Stelle des Gelenkkopfes, an welcher das Lig. teres angeheftet ist, immer über der Lücke des Pfannengrundes bleiben, da sich sonst das Band zwischen die Gelenkflächen einklemmen müsste, während es sich in den lockeren Synovialfalten, welche die Lücke erfüllen, bei allen Lagen seiner Insertion über denselben hin und her eindrücken kann. Es kommt aber fast nie zu wirklicher Spannung.

Wenn man nach einer Eintheilung der allseitigen Beweglichkeit der Hüfte in Drehungen um 3 verschiedene Achsen sucht, so wäre es vom Gelenke an sich ausgehend am natürlichsten die um die Achse des Schenkelhalses, bei welcher es nie zum Con-

taete der Ränder kommt, als besonders begünstigte voranzustellen. Es ist aber praktiseher von der den Hüftgelenken beider Seiten gemeinsamen um die Queraehse auszugehen, weil sie physiologiseh am meisten zur Anwendung kommt.

Die Beugung und Streekung zwischen Rumpf und Obersehenkel gesehieht im linken und reehten Hüftgelenke um die quere Achse, welehe die Mittelpunkte beider Gelenkköpfe verbindet. Dieselbe tritt ziemlich genau aus der unter der Haut am leiehtesten durchfühlbaren Vorragung des grossen Troehanter, die naeh der Seite am breitesten vortritt, also im grössten Querdurehmesser des unteren Rumpfendes heraus. Diese Stelle ändert also bei Beugung

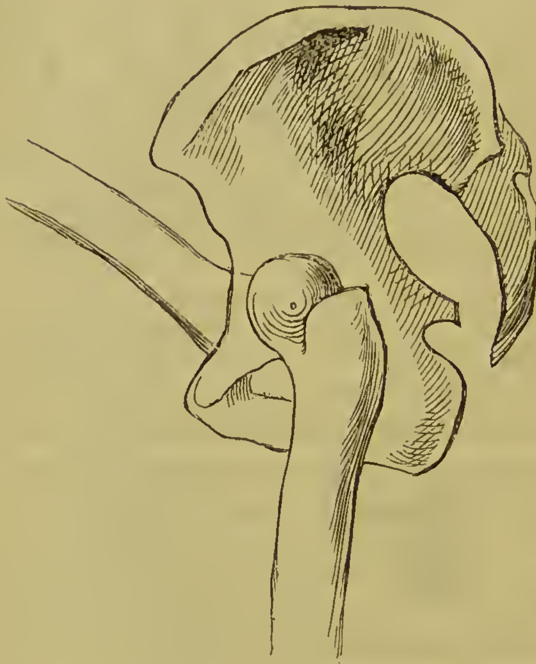
Fig. 47.



und Streekung ihre Lage zum Beeken nieht und kann also bei jedem Grade derselben zur Feststellung der normalen Lage des Oberschenkels in der Hüfte benutzt werden. Sie liegt stets ziemlieh genau in der kürzesten Verbindungslinie, die an der Oberfläehe von der Spina ilei anterior superior zum Tuber ossis ischii

gezogen werden kann (der Sitzdarmbeinlinie). Der Längsdurchmesser des Oberschenkels macht bei Beugung mit dem oberen, bei Streckung mit dem unteren Ende derselben einen spitzen Winkel. Der ganze Spielraum der Beugung und Streckung beträgt

Fig. 48.



nahezu anderthalb rechte Winkel. Für die Beugung bedarf es kaum einer anderen Hemmung, als die schon durch die Berührung der Vorderfläche des Oberschenkels mit der des Rumpfes eintritt, ehe die Fortsetzung ihrer Näherung im Gelenke gehindert sein würde. Nur bei gleichzeitig starkerZurückbiegung der Wirbelsäule kann es zum Contact der vorderen Pfannenränder kommen. Von der Kapsel würde keine Behinderung ausgehen, da sie hinten am Oberschenkel nur ganz dünn angeheftet ist. Desto mehr aber nöthigenfalls von Muskeln. Die Streckung dagegen kann nur durch Hemmung im Gelenke beschränkt sein. Diese kann unter Umständen, z. B. bei gleichzeitig starker Rotation des Oberschenkels mit der Fussspitze zur Seite durch Contact des hinteren Pfannenrandes mit dem Oberschenkel gegeben werden. Ausserdem aber, und meist ehe es dazu kommt, wird durch Spannung des gerade vor dem Gelenkkopfe herabgehenden starken Bandstranges in der Kapsel die weitere Streckung unmöglich gemacht. Hieraus folgt, dass bei voller Streckung die anderen beiden Bewegungen, die durch Spannung der vorderen starken Kapselparthie gehemmt werden (Rotationen sowie Ab- und Adduction), oder umgekehrt bei diesen jene nicht gleichzeitig ausführbar sind, während die extremste Beugung mit solchen anderweitigen Bewegungen sehr wohl vereinbar ist. Das Lig. teres verhält sich zur Beugung und Streckung vollkommen indifferent, da die Achse derselben seinen Verlauf in der Pfannenlücke, von beiden Anheftungsstellen nicht weit entfernt schneidet. Die Beugung der Hüfte wird bei

feststehend gedachtem Oberschenkel auch als Neigung des Beckens bezeichnet (S. u. §. 57.)

Der Spielraum der Bewegungen in der Hüfte ist von den Brüdern Weber (Mechanik der Gehwerkzeuge S. 111 u. 147) an der Leiche und an Lebenden gemessen. Sie fanden für Beugung und Streckung im Leben einen viel kleineren Ausschlag, kaum einen rechten Winkel. Dies muss doch zum Theil nur auf ungünstiger Stellung anderer Gelenke oder unbequemer Lage des ganzen Körpers beruht haben, wodurch ein Theil der Muskeln verhindert wurde, sich vollkommen auszudehnen. Denn bei bequemer liegender Stellung kann man doch eine der oben angegebenen Excursion entsprechende Beugung und Streckung der Hüfte ganz gut ausführen, wenn man nur zugleich das Bein im Knie beugt und streckt.

Die Beugung und Streckung der Hüfte ist nicht nur die ausgiebigste Bewegung des Gelenks, sondern kommt auch für den Gebrauch bei den gewöhnlichen Lagen und Bewegungen, Stehen, Gehen, Sitzen, Liegen am meisten in Betracht, wie sie denn auch bei den Thieren, die fast nur die einfache Vorwärtsbewegung haben, fast wie in den folgenden Gelenken die einzige wird. Sie erhält sich auch frei bei pathologischen Störungen des Mechanismus, während die anderen Drehungen unmöglich werden. Bei völligem Knorpeldefect (malum coxae senile) schleift sich der sklerosirte Gelenkkopf in der Pfanne drehrund um die quere Achse ab. Er stellt dann einen Kegel dar mit deutlichen, parallel der Medianebene verlaufenden Kanten und Furchen, in welche entsprechende der Pfanne eingreifen, dessen nach der Medianebene hingerichtete Spitze am unteren Rande des Gelenks liegt, sodass dann die Pfanne ganz über der Achse desselben zur Beugung und Streckung hin und her gleitet. Eine Andeutung der vorzüglichen Bedeutung dieser Bewegung liegt auch in der schon erwähnten von Aeby beobachteten Ungleichheit der Krümmung der normalen Gelenkflächen. Denn sie zeigt sich nach seinen Messungen in der sagittalen Richtung stärker als in den anderen (Zeitschr. f. rat. Med. III. R. Bd. XVI). Es giebt auch nicht sehr seltene Fälle, die an der oberen Fläche des Schenkelhalses hin, wie schon erwähnt, Streifen zeigen, auf denen noch Beugung und Streckung möglich ist, wenn die Abduction im Contacte derselben ihren Schluss findet. Bei vielen Thieren ist dies noch deutlicher.

Die anderen Bewegungen, die in der Hüfte ausser der Drehung um die als am Becken unbeweglich gedachte Querachse noch möglich sind, pflegt man auf zwei zu letzterer senkrechte, übrigens aber mit dem Oberschenkel fest verbundene Achsen zu beziehen und unterscheidet demnach Rotation um die in der Länge des Oberschenkels liegende Achse, und zwar Rotation nach der Seite und Mitte, je nachdem die Vorderfläche des Schenkels (oder bei gestrecktem Knie die Fussspitze) dabei nach der Seite oder Mitte geht, und Abduction und Adduction, d. h. Drehung um die zur Länge des Oberschenkels in einer sagittalen Ebene senkrechte, wodurch das Bein der Medianebene genähert oder von ihr entfernt wird. Erstere ist bei Streckung senkrecht, letztere bei rechtwinkliger Beugung, erstere horizontal bei rechtwinkliger Beugung, letztere bei Streckung. Gehemmt durch Anstossen des Pfannen-

randes am Schenkelhals wird von diesen Drehungen fast nur die Abduction, dagegen alle durch Spannung des Lig. ileofemorale, sowie aller um den Gelenkkopf herum von beiden Seiten zur Insertion desselben am unteren Ende der Linea obliqua herantretenden Kapselverstärkungen (Zona orbicularis). Der gerade von oben herunter kommende Hauptstrang, der, wie schon erwähnt, die Streckung hemmt, wird zugleich durch jede extreme Drehung um die beiden anderen Achsen gespannt. Denn jede derselben entfernt seine Ansatzstelle am Oberschenkel von der Spina ilei anterior inferior. Jede derselben ist also unmöglich, wenn das Band durch extreme Streckung schon gespannt ist, oder hindert umgekehrt das Extrem letzterer. Die unter dem Kopfe herum zum medialen Rande des Lig. superius tretende Ringfaserpartie hemmt die Abduction und Rotation nach der Seite, die über ihm herum mit dem lateralen verbundene die Adduction und Rotation nach der Mitte. Also schliessen sich auch die Extreme der Drehung um die beiden zuletzt bestimmten Achsen aus und zwar die, wobei das Bein im Ganzen dahin geht, wohin sich seine Vorderfläche dreht. Das Lig. teres kann gespannt werden, wenn sein Ansatz am Gelenkkopfe stark nach oben bewegt, also wenn dieser um eine von hinten nach vorn verlaufende Achse mit medialen Punkten nach oben gedreht wird. Dies ist der Fall bei Adduction in gestreckter, und bei Rotation nach der Seite in gebeugter Lage. Erstere wird bereits anderweitig gehemmt, ehe es zur Spannung des Lig. teres kommt. Für letztere kann dieselbe abschliessend wirken. Wenn man z. B. den einen Fuss auf das andere Knie legt, so kann der erhobene Oberschenkel nicht herabsinken und zwar nur deshalb, weil er dann zugleich, wenn der Fuss oben bleiben soll, noch weiter um seinen Längsdurchmesser gedreht werden müsste; dies hindert das Lig. teres, denn übrigens schwebt das erhobene Knie frei in der Luft. Es federt aber zurück, wenn man es niederdrückt. Der Spielraum der Abduction und Adduction beträgt Einen rechten Winkel, wovon der bei weitem grössere Theil zur Seite von der gerade senkrechten Stellung des Oberschenkels fällt. Der der Rotation ist bei sonst fester Stellung des Beines etwa ebenso gross, aber grösser, wenn man die in verschiedenen Graden der Adduction und Abduction nach und nach mögliche Drehung der Fussspitze vereinigt.

Auch diese Ausschläge sind von den Brüdern Weber (a. a. O. S. 147) gemessen. Die Rotation ist mit 51⁰ jedenfalls zu gering angegeben, was sich zum Theil aus

der Benutzung nur einer sonst festen Lage des Gelenks erklärt. Die Abnahme des Spielraumes dieser beiden Drehungen mit der Streckung ist von diesen Autoren auch schon bemerkt. Umgekehrt hat H. Meyer (die Beckenneigung. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1861) durch genaue Messungen festgestellt, wie die Streckung (deren Maximum er in jeder Stellung des Gelenkes für identisch mit der normalen Neigung des Beckens hält. S. u. §. 57) durch die Extreme der Drehung um die beiden Achsen beschränkt wird. Sie ist nach seinen Angaben am zulässigsten (die Neigung des Beckens am geringsten) bei Männern bei 20⁰ Divergenz der Beine und 0⁰ Rotation (wobei die vier Condylen beider Femora in Einer Ebene liegen), bei Weibern bei 25⁰ Divergenz und 10⁰ Rotation nach der Mitte. Dass das Lig. teres bei Adduction nicht zur Spannung kommt, weil dieselbe anderweitig gehemmt wird, ehe es geschehen würde, hat Henle durch eine Oeffnung der Pfanne von der Beckenseite her beobachtet. Ich habe denselben Weg eingeschlagen und die Spannung des Bandes bei der obenerwähnten Rotation gefunden, die er vielleicht übersehen hatte. Vielleicht ist es auch bei einzelnen Individuen verschieden. Wenigstens habe ich auch in manchen Fällen, wie Henle gesehen, dass das Band nur aus lockerem gefässreichen Gewebe besteht, während es in anderen ganz feste Fasern hat.

§. 57. Haltung des Rumpfes.

Die gewöhnliche Mittellage der Hüfte, die, wie schon erwähnt, durchaus keine im eigentlichen Sinne mittlere ist, bedingt die gewöhnliche Haltung des Beckens oder überhaupt des Rumpfes auf den Beinen, oder wird auch umgekehrt, wie schon oben angedeutet, von ihr bedingt, giebt ihr aber jedenfalls den einfachsten Ausdruck, daher hier näher darauf einzugehen ist. Insbesondere ist es der gewöhnliche, fast vollkommen gestreckte Grad seiner Drehung um die Querachse, der unter der Bezeichnung Neigung des Beckens als Massstab der Stellung des ganzen Rumpfes zu dienen und den Ausgangspunkt zur Feststellung derselben weiter herauf zu bilden pflegt. Die Verschiedenheiten desselben geben in der That eine ganz bequeme Grundlage um die der ganzen Haltung des Körpers zu unterscheiden. Daneben können aber auch die gewöhnlichen Lagen des Gelenks zu beiden anderen Achsen aufgesucht werden.

Um die Neigung des Beckens und des ganzen Rumpfes mit ihm über den Beinen nach hinten oder vorn zu ermitteln, kann man sich denken, als würde es über den beiden Hüftgelenksköpfen wie über einem einfachen Gelenkkopfe mit nur querer Drehungsachse getragen. Für jede Hüfte bleibt, was sich so für beide zusammen ergiebt, gleich gültig, nur dass, wenn sie allein die Unterstützung abgiebt, die Möglichkeit anderer Drehungen hinzukommt. Das Becken ruht bei gewöhnlichem aufrechten Stehen so über den Beinen, dass etwa das untere Ende des Kreuzbeins, oder

das Steissbein mit der Symphyse der Schaambeine gleich hoch liegt und eine vom oberen Ende des Kreuzbeines zu ihr gezogene Linie oder, was etwa dasselbe ist, die Ebene des Beckeneingangs 50° oder etwas mehr (namentlich im Mittel mehr bei Weibern) gegen den Horizont geneigt ist. Zur Herstellung dieser Lage ist bei gegebener Haltung der Oberschenkel, die etwas nach vorn und oben gerichtet sind, schon vollkommene oder fast vollkommene Streckung der Hüfte nöthig, sodass, wenn man sich die Beine als stillstehend denkt, das Becken wohl mehr und mehr, aber nicht mehr weniger gegen den Horizont geneigt werden könnte. Die Erhaltung dieser gestreckten Lage des Gelenks wird durch die Schwere des auf den Hüftgelenksköpfen ruhenden Rumpfes mit den daran hängenden Armen selbst erhalten. Denn ein Perpendikel vom Schwerpunkte dieser Masse fällt hinter der den beiden Hüftgelenken gemeinsamen Querachse herab, um die sie sich drehen könnte. Indem somit der Rumpf immer etwas hintenüber hängt, werden die hinteren Ränder von Kopf und Pfanne aneinander gedrängt und der vordere stärkste Strang der Kapsel, das Lig. ileofemorale gespannt. Das Extrem dieser rein passiven Streckung in der Hüfte und Anstrengung der Hemmungsmittel derselben kann nur beschränkt werden durch eine beständige mässige Anspannung der Beugemuskulatur, des M. ileopsoas.

Man dachte sich früher die gewöhnliche Haltung des Beckens als viel weniger vorwärts geneigt, mehr horizontal mit der Ebene seines Einganges, etwa wie es im Sitzen auf den Sitzbeinhöckern steht, sowie entsprechend die Krümmung der im Ganzen doch immer senkrecht gehaltene Wirbelsäulen als zu wenig zurückgebogen (s. o. S. 75). Durch die Untersuchungen von Nägele, Ed. Weber und H. Meyer ist dies berichtigt. Nach den Messungen des letzteren habe ich sie angegeben. Wenn ich mich aber mit einem ziemlich unbestimmten Ausdrucke dafür glaubte begnügen zu sollen, so hat dies seinen Grund darin, dass sie, wie mir scheint, auch selbst bei demselben Individuum und sonst gleicher Stellung der Beine gar keine ganz constante Grösse ist, worauf ich noch weiter zurückkomme. Wichtiger als die verschiedenen Winkelangaben nach der einen oder anderen Conjugata sind die verschiedenen Angaben über die Wirkung der Last des Rumpfes auf die Erhaltung der gewöhnlichen Neigung. Die Brüder Weber nahmen an, dass sie in labilem Gleichgewicht über den Hüftgelenken balancirt werde. Dies berichtigte Meyer durch den Nachweis, dass der Schwerpunkt des Rumpfes hintenüber hängt und nahm nun statt dessen eine stabile Ruhelage an, die einfach daraus hervorgeht, dass die Schwere bei jeder gegebenen Stellung des Beines das Maximum der Streckung hervorbringt, welches die Bänder zulassen, daher er dies in seiner neuesten Arbeit einfach als Mass der Neigung genommen hat. Die Wahrheit liegt wahrscheinlich in der Mitte, sodass die gewöhnliche Neigung zwar kein labiles Schweben des Rumpfes gerade über der queren Achse der beiden Hüften, aber auch kein reines Hängen in voller Streckung ist. So gering die Ab-

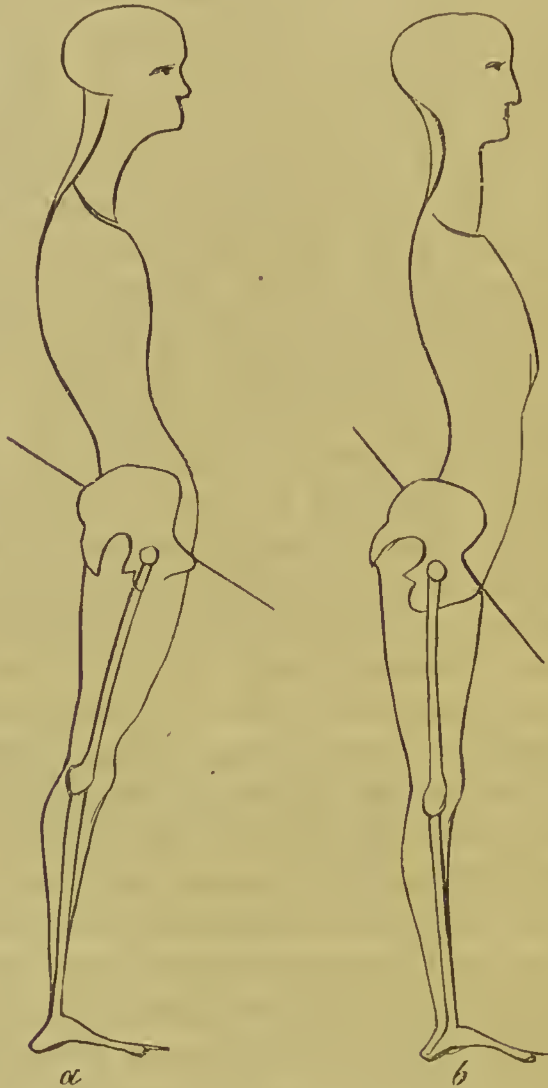
weichung von letzterer auch der Winkelgrösse nach sein mag, so ist sie doch der mechanischen Leistung nach eine bedeutende. Ist es auch nicht wahrscheinlich, dass, wie es bei dem labilen Balanciren sein müsste, zugleich von hinten und vorn Muskeln beständig anziehen, so wäre es doch ebenso unnatürlich, wenn sie vollkommen ruhten und der Rumpf nur an Bändern hinge.

Die zeitlichen und individuellen Schwankungen der Beckenneigung bei sonst gleicher Stellung der Beine (abgesehen von Abductionen und Rotationen) entsprechen der mehr oder weniger gebogenen Haltung der Wirbelsäule (s. o. S. 75), denn immer soll diese doch vom Becken gerade aufwärts stehen und dieses muss also, wenn sie mehr gestreckt, also mehr hintenübergebogen ist, in der Hüfte mehr vornüber geneigt werden und umgekehrt. Beides geschieht aber dann auch noch über die unbedingt geforderte Compensation hinaus. Denn die grössere oder geringere Streckung der Wirbelsäule und die grössere oder geringere Neigung des Beckens beruhen gleichmässig auf einer strafferen oder schlafferen Muskelspannung. Die Wirbelsäule wird nämlich rein passiv vornüber und das Hüftgelenk ebenso passiv hintenüber gedrängt. Von beiden wird, wie bei jedem oben entwickelt, das Uebermass nur durch constante Anspannung der Streckmuskeln des Rückens und des M. ileopsoas für die Hüfte ausgeschlossen. Es resultirt also aus der zu geringen oder übermässig eingesetzten Anstrengung dieser Muskelspannung ein nach zwei Seiten vom gewöhnlichen Mittel abliegender Typus der Rumpfhaltung, der eine mehr schlaff hängend, der andere mehr stramm gehalten, welche individuell und zeitweise bei demselben Menschen den Ausdruck einer laxen oder forcirten Muskelaction geben (Fig. 49. a. b.)

Sind die Wirbelkörper der Schwere nach vorn aufeinander zusammengesunken (Fig. a.) so beträgt die Convexität der Vorderfläche in der Hals- und Bauchwirbelsäule nicht mehr viel mehr als die Concavität in der Brust, der Atlas liegt nicht viel zurück gegen die Fortsetzung der Front des letzten Bauchwirbels. Diese muss annähernd senkrecht gestellt, also der Beckeneingang annähernd gerade nach oben gekehrt werden. Nun wird der Schwerpunkt des Rumpfes weiter zurück verlegt, nun drängt er um so mehr die Hüfte in die äusserste Streckung und nun kann auch die Mühe gespart werden, derselben noch durch Muskelzug entgegen zu wirken, da sie nun durch die Bänder am Ende ist. Zugleich kommt damit der Schwerpunkt des ganzen Körpers im Becken weiter nach hinten zu liegen und um ihn richtig zu unterstützen, müssen die Füsse auch weiter zurück, die ganzen Beine

schiefer nach oben und vorn gerichtet stehen. Zugleich steht dann doch das oberste Ende der Halswirbelsäule wieder mehr nach vorn und der Kopf wird im Atlas wie das Becken über der Hüfte in äusserster Hintenüberstreckung gehalten nm aufrecht zu

Fig. 49.



bleiben. Dies ist die schlaffe Haltung mit vorstehender Symphyse der Schaambeine, die für alle muskelmatte Constitutionen, für Greise, chlorotische Mädchen und Juden typisch ist.

Ist die Wirbelsäule durch stramme Muskelspannung und dadurch begünstigte Turgescenz der Syndesmosen hintenüber gehalten (Fig. b.), so überwiegt die Convexität des Bauch- und Halstheiles bedeutend die geringe Concavität der Brust. Wenn das obere Ende über dem unteren stehen soll, muss ersteres mit seinem

oberen Ende, also auch die Ebene des Beckeneingangs bedeutend vornüber gerichtet sein. Auch der Schwerpunkt des Rumpfes wird damit weiter vornübergeworfen. Die Hüfte ist nun nicht mehr in einer extremen Streckung und muss von derselben durch den M. ileopsoas oder selbst, wenn der Schwerpunkt diese ihre Querachse nach vorn überschreitet, vom Vornüberfallen durch die hinteren Muskeln zurückgehalten werden. Mit letzterem Uebermass hängt wohl auch die mangelhafte seitliche Aequilibrirung des Beckens, oder das abwechselnde Hervorstossen der Hüften im Gehen, bei dieser Art von Haltung zusammen. Zugleich liegt nun der Schwerpunkt des ganzen Körpers weiter vorn im Becken. Die Füsse werden also weiter vor, die Beine mehr gerade auf oder selbst etwas nach hinten und oben gestellt. Dadurch wird um so mehr die Hüfte vom Extrem der Streckung entfernt, sowie entsprechend das Gelenk über dem Atlas bei der Aufrechtstellung der Halswirbel. Dies ist die gezwungene Haltung coquetter Damen und gut gedrillter Soldaten („Brust heraus, Bauch hinein").

Auf den ersten Fall passt also nahezu die Annahme H. Meyer's vom Hängen des Beckens in extremer Streckung der Hüfte an den Bändern, welche dieselbe hemmen, auf welche gestützt er neuerdings geglaubt hat, die Neigung einfach durch Messung der äussersten Streckung an Bänderpräparaten für jede Stellung des Beins finden zu können. Dagegen schliessen sich die Resultate seiner früheren Messungen an Lebenden über die Krümmung der Wirbelsäule und die damit verbundene gewöhnliche Beckenstellung, wie schon erwähnt, mehr dem letzteren Extrem an. Dieses steht aber wohl dem Normalen näher und das Hängen der Last des Körpers an den Hemmungsmitteln von Gelenken, die passiv extreme Stellungen einnehmen, wie es Meyer noch an mehreren Stellen in der Mechanik des Gehens und Stehens in Rechnung bringt, ist sicher keine normale Oekonomie der Kräfte, sondern ein Nachlass, der, wo er vollständig einträte, zu übermässiger Ausdehnung der Bänder und Druckschwund der gegeneinander angestemmten Ränder der Gelenkflächen führen müsste (S. u. beim Plattfuss §. 67 u. 70).

Die Drehungen der Hüfte um die beiden anderen Achsen, die der rechten und linken nicht gemeinsam sind, kommen für die Haltung des Rumpfes, wenn er auf beiden gleichmässig ruht, nur in Betracht, sofern sie, wie schon erwähnt, durch stärkeres Abweichen von mittleren Lagen, welche die vorderen Verstärkungsbänder der Kapsel zu spannen geeignet sind, die Möglichkeit der Streckung vermindern, da sie durch dieselben Bänder gehemmt wird, also eine stärkere Neigung herbeiführen. An sich selbst erhalten sie sich von selbst, da der Rumpf auf beiden Hüftgelenksköpfen zugleich nicht anders als um die quere Achse gedreht werden kann.

In der nothwendigen Herbeiführung stärkerer Neigung liegt die ganz richtige Folgerung, die H. Meyer aus seinen schon angeführten Beobachtungen über die gegenseitige Abhängigkeit der Streckung einerseits und starker Rotationen oder Ab- und Adductionen gezogen hat. Denn bei jeder gegebenen Stellung ist das Maximum der Streckung zugleich das Minimum denkbarer Neigung, wenn sie auch wohl factisch etwas grösser sein kann. Die gewöhnliche gerade Stellung ist es, wie oben (S. 211) erwähnt, nicht ganz, aber doch auch keine sehr davon entfernte, in der die vollkommenste Streckung, also die kleinste Neigung möglich wird.

Wenn aber der Körper wesentlich nur auf dem einen Beine ruht, das andere nur leicht aufgesetzt ist, wie dies ganz gewöhnlich beim Stehen geschieht, so können auch die Drehungen der unterstützenden Hüfte um die anderen Achsen verschiedene sein und die Bedingungen ihrer Ruhelage aufgesucht werden.

Die Drehung um die sagittale Achse steht dann, wie die um die quere unter dem Einflusse der Schwere des Rumpfes, da der Drehpunkt der tragenden Hüfte zur Seite von dem Perpendikel des Schwerpunktes liegt. Sie begünstigt eine Annäherung der Medianebene des Beckens an den tragenden Oberschenkel, oder, was dasselbe ist, Adduction des letzteren. Eine solche ist denn auch vorhanden, indem das Becken von der tragenden Hüfte etwas herabhängt, während das Bein zu derselben hin etwas seitwärts nach oben hingerichtet, sowie auch die Wirbelsäule etwas nach dieser Seite hin gebogen ist. Wird nun diese Adduction so gesteigert, dass sie mehr oder weniger schon an der Spannung der Bänder ihre Hemmung findet, so zeigt sich eine schlaffe Haltung in der Ansicht von vorn mit stark heraustretender Hüfte der tragenden Seite, wie die mit schwacher Neigung im Profil. Wird aber durch Spannung der Mm. glutaei das Extrem derselben vermieden, so wird die ganze Haltung gerader und strammer.

Auf die Rotation wirkt die Schwere nicht, die Bänder begünstigen bei der Spannung, die sie in Folge der Streckung haben, eine mittlere Richtung der Fussspitze etwa gerade nach vorn von der Vorderfläche des Beckens. Gewöhnlich steht sie aber etwas seitwärts durch die Wirkung derselben Muskeln hinter und neben dem Gelenke, die zugleich die Adduction mässigen, besonders des M. glutaeus maximus, woneben dann bald mehr, bald weniger nur die kleineren glutaei oder auch die reinen Rotatoren mitwirken. Ausserdem kann natürlich die Rotation von dem anderen Beine festgehalten werden, wenn es noch so lose aufgesetzt ist. Dasselbe dient aber überhaupt zu jeder nöthig werdenden Modification der Stellung des Rumpfes zur senkrechten Achse.

Beim Gehen wird die Neigung des Beckens gegen den Horizont nach vorn so vermehrt, dass der Rumpf mit seiner Schwere die ihn hintenüber drückende Wirkung des Widerstandes der Luft gegen das Vorschreiten überwindet und damit auch zugleich erst die zum Vorwärtsstemmen nöthige Schiefstellung des Oberschenkels durch die äusserste Streckung der Hüfte erreichbar wird. Die Drehung um beide andere Achsen ist die eben angegebene beim Stehen auf je einem Bein alternirend, wie ja der Rumpf beim Gehen von beiden Beinen abwechselnd gestützt wird. So lange er nur von dem einen Hüftgelenkskopfe getragen wird, hängt er natürlich seiner Schwere nach zur anderen Seite hin über und muss durch die das Gelenk von hinten und der Seite her umgebenden Muskeln am Fallen nach vorn und der anderen Seite gehindert werden.

Zweites Kapitel.

Kniegelenk.

---

§. 58. Zusammensetzung des Kniegelenks.

Der Unterschenkel articulirt mit dem Oberschenkel nur durch den einen seiner beiden Knochen, während ihn der andere gar nicht berührt und also auch keine eigene Beweglichkeit gegen ihn hat, sondern nur der des ersten folgt. Trotzdem ist die Bewegung im Knie zwischen der Tibia und dem Femur nicht eine nur einfache, wie die der Ulna unter dem Humerus, sondern eine doppelte, wie die des Radius. Die Tibia dreht sich unter dem Femur zur Flexion und zur Rotation, letzteres nur in viel beschränkterem Masse. Für beides wirkt eine Gruppe von vier Articulationen zusammen, welche beide Knochen mit zwei Bandscheiben bilden.

Diese Gruppe von Articulationen der beiden Knochen und beiden Bandscheiben zerfällt zunächst in zwei nebeneinander liegende Hälften, die von den medialen und lateralen Gelenkköpfen der beiden Knochen getragen werden. Diese sind vollkommen von einander getrennt und die beiden Hälften der ganzen Gelenkverbindung würden gar nicht zusammenhängen, wenn nicht beide an ihrem vorderen Ende mit dem hinteren des Gelenks zusammen-

stiessen, welches die Kniescheibe mit dem Oberschenkel bildet und mit welchem sie zu der Einheit des Kniegelenks mit einer einfachen Gelenkhöhle und stets gemeinsamer Bewegung verbunden sind. Jede der beiden nebeneinanderliegenden und einander im Ganzen sehr ähnlichen Hälften der Verbindung von Tibia und Femur zerfällt wieder in eine obere und untere Articulation, welche die Bandscheibe jeder Seite mit den Gelenkköpfen beider Knochen bildet, und welche sehr verschieden angelegt sind. Die Bandscheiben trennen zwar die Gelenkköpfe beider Knochen nicht vollständig, wie die des Kiefergelenks den des Schädels und des Unterkiefers, sondern sie haben einen concaven Ausschnitt (daher der Name Cartilagines semilunares), durch welchen die Knochen mit einem Theile ihrer glattüberknorpelten Flächen direct in Berührung stehen und also auch die Synovialhöhlen der oberen und unteren Abtheilung des Gelenks communiciren. In diesem directen Contacte der Gelenkköpfe an beiden Knochen ist aber keine regelmässige für den Gang der Bewegung des Gelenks bestimmende Beziehung ihrer Gestalt ausgesprochen. Sie haben keine übereinstimmende Krümmung. Dagegen bildet die Bandscheibe mit der einem jeden Gelenkkopfe zugekehrten glatten Oberfläche die seiner besonderen Gestaltung entsprechende und regelmässig schleifend über ihm bewegliche Pfanne. Ihre Beweglichkeit gegen jeden ist einfach zu verstehen. Die der Knochen gegen einander ist eine daraus erst resultirende.

Die Krümmung der Condylen des Femur und der Tibia unterscheiden sich ähnlich wie die einander zugekehrten Randstreifen der Trochlea am Humerus und des Radius. Sie sind, wie diese, in zwei ganz verschiedenen, zu einander auch ungefähr senkrechten Ebenen, also nicht einander deckend, sondern nur aneinander hinstreifend gebogen. Die Oberschenkelcondylen sind fast rein von hinten zu vorn, also um die Querachse stark convex gebogen; und so drehen sich die Bandscheiben mit der Tibia über ihnen zur Beugung und Streckung. Die Gelenkflächen der Tibia sind wesentlich in horizontaler Richtung, also um eine senkrechte Achse gebogen. Sie drehen sich gegen die Bandscheiben mit dem Femur zur Rotation. Die Bandscheiben leisten also gewissermassen das, was zwishen Humerus und Radius die Ulna, indem die Tibia die eine Hauptbewegung mit ihnen, die andere ohne sie gegenüber dem Oberschenkel hat. Das obere Gelenk entspricht dem Ellbogen, das untere dem zwischen Radius und Ulna.

Wäre diese Trennung von zwei Gelenken mit zwei Achsen vollständig, so wäre auch nur ein einfaches Zwischenglied nöthig, welches das eine Mal mit dem Femur, das andere Mal mit der Tibia verbunden bliebe; oder, wenn es auch in zwei Hälften für die beiden nebeneinander liegenden Abschnitte des ganzen Gelenkes zerfiele, würden sich diese doch gegen jeden Knochen beide in gleicher Weise bewegen, da sie beide jedesmal bei der Bewegung gegen den einen mit dem anderen einen unbeweglichen Theil darstellten. Es würden sich also die beiden oberen und die beiden unteren Articulationen nur als Stücke desselben Contactes, wie die oberen und unteren Gelenkchen zwischen Radius und Ulna, verhalten. Dies ist aber nicht der Fall. Die Krümmung der Condylen des Femur ist nicht rein in sagittalen, und auch die der Tibia nicht rein in horizontalen Ebenen. Ihre Achsen sind nicht rein quer oder senkrecht. In der Bewegung einer jeden Bandscheibe über den zugehörigen Oberschenkelcondylus ist mit der wesentlich dabei hervortretenden Beugung oder Streckung ein wenig Rotation verbunden, und zwar an der einen Seite des Gelenks im entgegengesetzten Sinne als an der anderen. Dies muss, da die Tibia unmöglich einer jeden Bandscheibe zu einer besonderen Rotation gegen den Oberschenkel folgen kann, sondern nur mit beiden eine mehr reine Beugung und Streckung macht, ausgeglichen werden durch gleichzeitige Rotationen zwischen ihr und jeder Bandscheibe, auch an der einen und anderen Seite in entgegengesetztem Sinne. Ebenso, wenn auch in noch geringerem Grade müssen auch die Articulationen der Bandscheiben und des Femur mitwirken, wenn zwischen ihnen und der Tibia die Rotation ausgeführt wird, um auch die kleinen für beide Seiten verschiedenen Antheile von Drehung um quere Achsen, die sich damit verbinden, auszugleichen.

So bilden denn alle vier Articulationen der zwei Bandscheiben mit den Gelenkflächen beider Knochen, ähnlich wie die der Bandscheiben des linken und rechten Kiefergelenks mit den beiden in ihnen verbundenen Knochen ein System, dessen einzelne Theile fast immer gemeinsam, aber in verschiedener Weise combinirt zu den verschiedenen, für die Knochen aus ihren Einzelverschiebungen resultirenden Bewegungen zusammenwirken. Es ist wie jenes aus einem oberen und unteren wesentlich übereinstimmenden Paare zusammengesetzt. Nur ist in jedem derselben hier noch mehr Verschiedenheit möglich, weil laterale und mediale Hälfte des

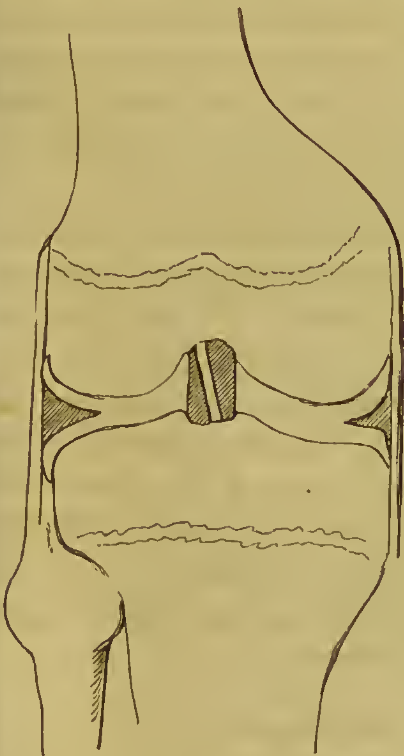
Kniegelenks nicht nur nicht identisch, sondern auch nicht einmal wie rechtes und linkes Kiefergelenk ganz symmetrisch sind. Und zwischen unteren und oberen ist die Verschiedenheit auch grösser als dort, da ihre Achsen nicht gleich gerichtet sind, also die Bewegungsbahnen beider sich nicht wie dort in Einer Ebene ausbreiten. Das Ganze ist also complicirter. Der andere Unterschied, der darin besteht, dass Femur und Tibia sich durch die Oeffnung der Bandscheiben auch direct berühren, ist nur in rein anatomischer Hinsicht wichtig wegen der damit gegebenen Communication sämmtlicher von ihnen begränzten Synovialspalten, hat dagegen für die Ermittelung ihrer Bewegungen gegeneinander wenig zu bedeuten. Denn sie ergeben sich immer von selbst aus der Zusammenfassung derjenigen, die jedesmal gleichzeitig in den einzelnen Articulationen zwischen den Bandscheiben und Knochen erfolgen, und sind also verschieden, jenachdem sich diese verschieden combiniren, sind ohne Rücksicht auf diese nicht zu bestimmen.

Der Versuch von der gegenseitigen Bewegung des Femur und der Tibia unmittelbar ausgehend den Mechanismus des Kniegelenks zu erklären hat Ed. Weber (Mechanik der Gehwerkzeuge. S. 161 ff.) veranlasst für dasselbe eine Ausnahme von dem sonst allgemein durchgeführten Princip der schleifenden Bewegung der Gelenkflächen zu statuiren, da sich allerdings keine einfache Drehung zwischen einem Kopfe des einen und einer darauf passenden Pfanne des anderen Knochens zeigt und auch die beiden Condylen, wenn sie nur als Träger von Stücken eines einfachen Gelenks mit einem einfachen anderen Knochen gefasst werden sollen, keine einfach drehrunde Gestalt erkennen lassen. In der darauf gefolgten Arbeit von H. Meyer (die Mechanik des Kniegelenks. Müllers Arch. 1853) ist dieser Fehler theilweise erkannt und eine Verschiedenheit beider Condylen, sowie die Selbstständigkeit der Bewegungen zwischen der lateralen Bandscheibe und der Tibia hervorgehoben, aber eine vollständige Zerlegung des ganzen Systems in seine Elemente dennoch nicht durchgeführt und also auch die Zurückführung seiner Construction auf die gewöhnlichen Principien nicht gelungen. Noch entschiedener ist dann Langer in einer minutiösen Analyse der Gelenkflächen desselben (das Kniegelenk des Menschen. Sitzungsber. der Wiener Akad. Math. natw. Cl. Bd. XXXII. S. 99) in das unnöthige Bemühen zurückverfallen zu ihrer Erklärung ein zweites Constructionsprincip in die Mechanik der Gelenke einzuführen (S. o. S. 23). Auf die Controverse, die sich zwischen ihm und mir darüber entsponnen hat, indem er sich sträubt die durch meine Zerlegung des Gelenks gewonnene Verinfachung des Weges zu seiner Erklärung anzuerkennen, kann ich hier nicht noch einmal näher eingehen. Die Wenigen, die es interessirt, mögen die Streitartikel selbst aufsuchen (Zeitschr. der Gesellsch. d. Aerzte in Wien 1861. Zeitschr. f. rat. Med. III. R. Bd. XV.). Ich kann mich nur zum Belege, wie sich, wenn die einfachen Drehungen in den Articulationen der Bandscheiben mit jedem der beiden Knochen erklärt sind, die Art der Veränderung in ihrer unmittelbaren Berührung von selbst ergeben muss, noch auf die schon oben berührte Analogie

zwischen dem streifenden Contact der einander nicht entsprechend gekrümmten und doch wie alle anderen schleifend an einander beweglichen Ränder der Trochlea, des Humerus und des Capitulum des Radius (S. o. S. 152) und dem hier zu entwickelnden Vorbeigleiten des Femur und der Tibia aneinander bei jeder der einfachen Bewegungen, wobei sie wechselsweise mit den Bandscheiben zusammengehen, beziehen. Denn es ergab sich dort, wie hier nach einer gehörigen Unterscheidung der einzelnen Drehungen, dass die theilweise Incongruenz der Contactflächen doch keine Ausnahme von der Erklärbarkeit der Drehung an ihnen als einer schleifenden begründet. Man hat mir auch eingewendet, die Bedeutung, die ich den Bandscheiben als selbständigen Gliedern des Mechanismus beilege, zeige sich als eine übertriebene, wenn man dieselben ganz entfernt, indem dann, wenn nur die starken Bänder des Gelenks noch erhalten sind, noch der ganze normale Bewegungsmodus erhalten bliebe. Dies kann allerdings beweisen, dass die kleinen Faserknorpel praktisch keine so hervorragende Rolle spielen wie etwa die Ulna, dass der unmittelbare Contact der Tibia mit dem Femur sich eher allein erhalten kann, als der des Radius mit dem Humerus. Es schliesst aber die theoretische Bedeutung des Unterschiedes nicht aus, auf den sich meine Benutzung der Bandscheiben zur Gewinnung eines einfachen Schemas für den ganzen Kniemechanismus einzig stützt, und der darin besteht, dass die Articulationen der Bandscheiben einfache Drehungen haben, der Contact der Knochen nur zusammengesetzte, erstere nur von der Form je einer Gelenkfläche abhängig, letztere von verschiedenen.

Das einzige, was die Gelenkflächen des Femur und der Tibia gemein haben, ist ihre Ausdehnung im queren Durchmesser. Sie reichen an beiden Knochen bis dicht an die Seitenflächen der ganzen Masse, die sie beide in der Gelenkgegend unmittelbar unter der Haut liegend, zusammen bilden, sodass die Grenze an der Seite schwer zu erkennen ist. Und an beiden sind die lateralen und medialen Condylen nur durch einen schmalen rauhen Streifen von Knochenoberfläche getrennt, der an der Tibia etwas hervortritt, Eminentia intercondyloidea, am Femur etwas zurücktritt, Incisura intercondyloidea, so jedoch, dass letztere von ersterer nicht ganz erfüllt wird. Am freien Rande zunächst unter der Haut stehen aber die überknorpelten Oberflächen doch etwas von einander ab, während sie im Innern zunächst der Incisura und Eminentia intercondyloidea sich direct berühren. Die Bandscheiben liegen also um den freien Rand des ganzen

Fig. 50.



Gelenks herum mit dicken Rändern dazwischen, die den Abstand der Gelenkflächen verstreichen und an die die Gelenkkapsel, die vom einen zum anderen Knochen herabgeht, angewachsen ist; dem Zwischenraum der beiden Hälften kehren sie die dünnen Ränder ihrer Ausschnitte zu, durch welche die Knochen sich direct berühren. Die Anordnung der dem ganzen Gelenke gemeinsamen Haftbänder richtet sich in der Hauptsache nach den oberen als den viel entschiedener beweglichen Articulationen. An jeder Seite jedes Condylus des Oberschenkels entspringt, wie an jedem Gelenkkopfe mit einfacher Drehungsachse, in der Gegend, wo diese austritt, ein Seitenband, das die Drehung um dieselbe nicht hemmt, aber die Pfanne am Gelenkkopfe festhält. Ein Paar liegt an den frei herausgekehrten Seiten der Condylen oberflächlich über den dicken Rand der Bandscheiben herunter, die Seitenbänder speciell so genannt, ein Paar an den einander zugekehrten Seiten in der Incisura intercondyloidea, die Kreuzbänder genannt, weil sie etwas schief aneinander vorbeiliegen, das eine vor- und ab-, das andere vor- und aufwärts. Die letzteren sind viel stärker als die ersteren, weil sie zugleich für die unteren Articulationen in der Nähe ihrer senkrechten Drehungsachse liegen, die äusseren dagegen von ihr weit entfernt die Drehung um dieselbe schneller hemmen müssten. Vorn und hinten gehen viel längere, schlaffere Kapselparthieen über die Bandscheiben weg. Hinten ist jede Hälfte des Gelenks damit abgeschlossen. Vorn schliesst sich an beide das Gelenk der Kniescheibe mit dem Femur (s. u. Fig. 51. 52. 55. 56.)

Es sind nun zuerst die einzelnen Articulationen, die die Tibia und das Femur mit beiden Bandscheiben zusammensetzen, näher zu bestimmen. Sie sind wie alle anderen Gelenke auf schleifend beweglichen Contact congruenter Flächen zurückzuführen mit den kleinen Ungenauigkeiten in der Durchführung der dazu genau genommen einzig verwendbaren Formen, die namentlich da, wo elastische Stücke mitwirken, zulässig sind (s. o. §. 6). Aus ihren Bewegungen sind dann leicht die combinirten des ganzen Gelenks zwischen Oberschenkel und Unterschenkel herzuleiten. Hieran schliesst sich die Betrachtung der gleichzeitigen Lageveränderungen der Bänder des Gelenks und der Kniescheibe.

§. 59. Die einzelnen Articulationen.

I. Die oberen Articulationen sind einfache Charniere, gebildet von den Gelenkköpfen des Oberschenkels und den ihnen

als Pfanne anschliessenden oberen Flächen der Bandscheiben.

Fig. 51.

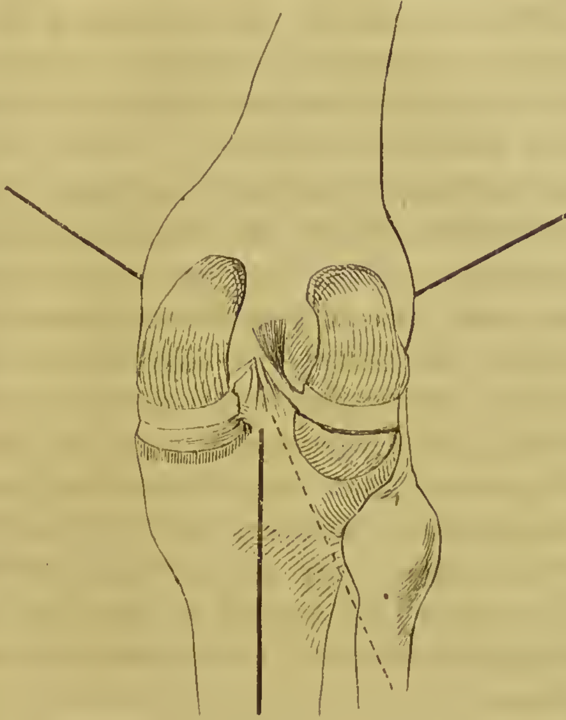
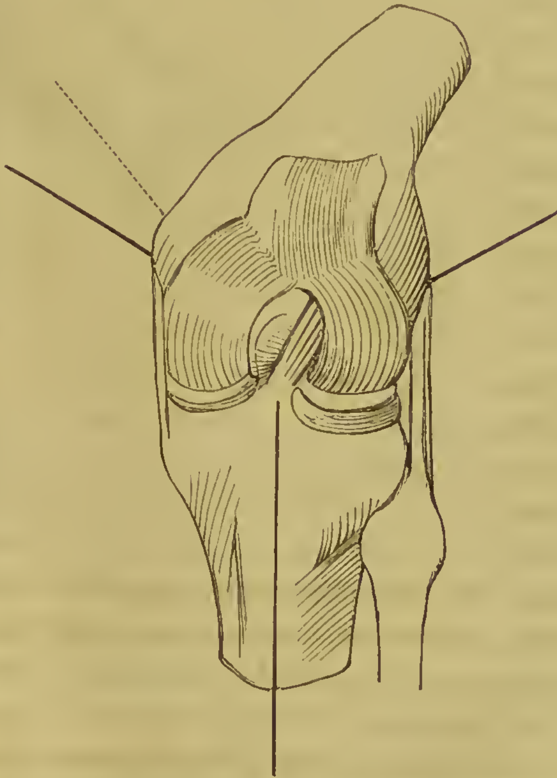


Fig. 52.

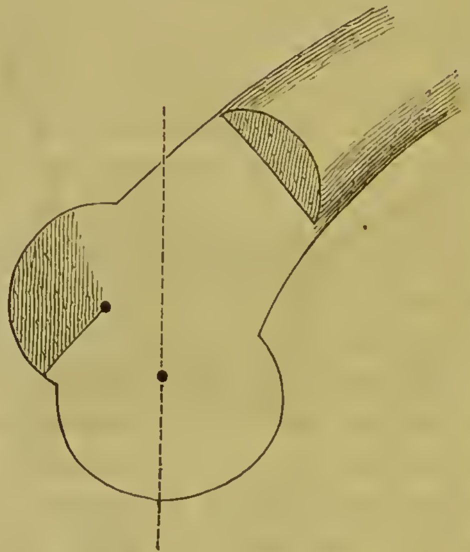


Beide Gelenkköpfe sind deutlich convex gebogen in von hinten nach vorn gerichteten Ebenen, daher sich ihre Krümmung in der Seitenansicht deutlich zeigt. Diese Ebenen sind aber für jeden von ihnen mit dem oberen Ende etwas nach der Seite des anderen hingeneigt, umgekehrt wie an den Rädern eines Wagens. Ihre beiden Achsen liegen also etwa quer aber doch nicht einfach in einer queren Linie, sondern jede mit dem aus der freien Seite des zugehörigen Condylus hervorgerichteten Ende etwas nach oben von der queren abweichend in einer Ebene, die frontal steht, wenn der Schaft des Oberschenkels von der senkrechten Lage um etwa einen halben rechten Winkel nach hinten abweicht, (s. u. Fig. 53). Dies zeigt sich schon im Allgemeinen deutlich an der Lage der Ränder beider Gelenkflächen. In der Ansicht von hinten und von vorn sieht man sie nach oben ein wenig gegen einander hin geneigt. In der Ansicht von unten erkennt

man ihre Biegung, wenn auch verkürzt, wovon sie sich die Concavität einander zukehren. Es lässt sich aber durch nähere Aufsuchung ihre Form mit Hülfe von Spuren der Bewegung der Bandscheiben über ihnen genauer darstellen. Am einfachsten ist dies für den lateralen Condylus möglich. Für den medialen kommt dann noch eine eigenthümliche Abweichung hinzu.

Markirt man auf dem lateralen Condylus den Weg, den ein Punkt an dem hinteren festesten Theile der Bandscheibe an ihm bei der Bewegung zwischen voller Beugung und voller Streckung zurücklegt, indem man eine in denselben eingesteckte Nadel bei der Bewegung gegen ihn anhält, so läuft dieselbe so über ihn hin, dass man in ihr eine Ebene durch den Condylus legen kann, die nahezu parallel der Medianebene, aber mit dem oberen Ende etwas zu ihr hingeneigt, mit dem vorderen dagegen ein klein wenig von ihr weggerichtet ist (vgl. Taf. V. Fig. 1). In dieser kann man einen Durchschnitt, der die Spurlinie enthält, durch den Condylus führen, welcher die Oberfläche desselben in einem ziemlich reinen Kreisbogenstücke trifft. Ein Perpendikel auf der Schnittfläche im Mittelpunkte dieses Kreises errichtet, stellt die Achse des Condylus dar (vgl. Taf. V. Fig. 2). Sie sieht mit dem lateralen Ende etwas nach oben und ein wenig nach vorn. Das letztere fällt weg, wenn der Oberschenkel um einen halben rechten Winkel nach hinten von der senkrechten Lage entfernt wird. Auf Durchschnitten, die senkrecht zu dem ersten durch die durch ihn getrennten Stücke des Condylus geführt werden, kann man die Lage der Achse weiter verfolgen und erkennen, dass sie einerseits an der freien Oberfläche des Knochens aus der Höhe des Epicondylus austritt, andrerseits gegen die Incisura intercondyloidea hin mit dem Querdurchschnitte der Gelenkfläche convergirt. Diese Bezeichnung ihrer Lage und Richtung mag genügen, um das in allen Fällen wiederkehrende auszudrücken. Die Winkelgrösse ihrer Neigung gegen den Horizont unterliegt grossen Variationen. Der

Fig. 53.



Querschnitt des Condylus ist eine nach unten ebenfalls schwach convexe Linie. Sie ist als die Erzeugungslinie anzusehen, welche durch Drehung um die Achse die Oberfläche des Condylus beschreibt. Diese stellt also einen sphäroid- oder ellipsoidähnlichen Körper dar, der mit dem Schenkel etwas abwärts gegen die Incisur hingerichtet ist, dessen Krümmung also, je näher derselben, um so stärker, mit um so kleineren Radien beschrieben ist. Es zeigen sich bei dieser Ableitung der Form des Condylus Ungenauigkeiten, wie an allen Gelenkflächen Abweichungen von der rein schematischen Form sich finden. Sie sind bei den grossen Dimensionen der Oberfläche des Condylus hier leichter zu bemerken, aber verhältnissmässig nicht grösser als an anderen Gelenken.

Die Brüder Weber erhielten, wie zuerst Robert (Untersuch. über die Anatomie und Mechanik des Kniegelenks) erkannt hat, keinen richtigen Durchschnitt durch die Condylen, der sie einfach wie andere Gelenkköpfe auf das Schema einer drehrunden Fläche zurückführen lässt, weil sie nicht erst die Ebene, in der er zu führen ist, aufsuchten, sondern nur von der resultirenden Drehung des Unterschenkels am Oberschenkel um eine etwa quere Achse ausgehend den reinen Sagittalschnitt nahmen. Dieser musste nothwendig vorn eine schwächer werdende Krümmung, eine Zunahme des Radius zeigen, weil er hier immer näher dem der Mitte des ganzen Gelenks (der Kniescheibe) sich nähernden freien Rande kam, der den Weg des am weitesten von der Achse entfernten Endes der Erzeugungslinie, oder den flachsten Streifen der Biegung, den weitesten Umfang des Sphäroids oder Ellipsoids darstellt. Sie erklärten deshalb das ganze Profil des Gelenkkopfes im Gegensatze zu dem anderer für eine Spirale, in der der Radius ihrer Krümmung von hinten nach vorn zunehme, also die Achse dem hinteren Theile näher, vom vorderen weiter abliege. H. Meyer wendete aus demselben Grunde hier sein schon erwähntes Schema der Ginglymoarthrodie (S. o. S. 189) an, indem er das Profil in ein hinteres Stück mit kleinerem und ein vorderes mit grösserem Radius zerlegte. Langer endlich kehrte zur Spirale zurück, um daraus sein Schema des Abwickelungscharnieres herzuleiten. Das fällt natürlich Alles in sich zusammen, wenn man der einfachen Drehung der Bandscheibe folgend einen Kreisdurchschnitt des Condylus erhält.

Seiner Länge nach entspricht der zur Achse senkrechte Durchschnitt des lateralen Condylus reichlich einer Hälfte des Kreises, zu dem er gehört. Ihre Mitte liegt bei aufrechter Haltung nach hinten und unten von der Achse, oder von dem Centrum, aber beinahe nur nach unten bei der Stellung, in der die Achse in einer frontalen Ebene liegt (Vgl. Fig. 53). Das vordere Ende reicht bei aufrechtem Stehen etwas über eine durch die Achse gelegte senkrechte Linie hinaus, das hintere beinahe bis an sie hin. Der Durchmesser der Bandscheibe in der Richtung der Bewegung ist längst nicht halb so gross, also der Spielraum ihrer Drehung auf dem Condylus viel grösser als ein rechter Winkel.

Wenn sie am Ende desselben die Ränder des Condylus erreicht, stösst ihr freier dicker Rand sowohl hinten bei Beugung als vorn bei Streckung plötzlich an, hinten an die Hinterfläche des Femur, die sich senkrecht aus dem Ende der Oberfläche des Condylus erhebt, vorn an einen schmalen vorspringenden Rand, mit dem sich die hier dem Condylus angrenzende Gelenkfläche des Femur für die Patella etwas über ihn erhebt. An diesem entlang ist dann freilich oft noch eine kleine weitere Verschiebung möglich. Dabei geht aber die Bandscheibe nicht auf der bisherigen Bahn weiter, sondern vielmehr ein wenig nach der Seite um eine etwas abgerundete Stelle am Rande des Condylus herum (vgl. Taf. V. Fig. 3) in einer ähnlichen Richtung wie sie die Bewegung der medialen Bandscheibe auf ihrem Condylus am Ende der Streckung hat. Wenn diese vorwiegende Schlussrotation im Sinne des letzteren in höherem Grade entwickelt ist, macht es den Uebergang zum Genu valgum (s. u. §. 62).

Der mediale Condylus ist analog dem lateralen gebildet, in der Richtung von hinten zu vorn gebogen um eine Achse, die mit dem medialen Ende, wie die des lateralen mit dem lateralen, etwas nach oben und auch bei aufrechtem Stehen ein wenig nach vorn gerichtet ist. Er unterscheidet sich aber vom lateralen dadurch, dass er vorn um ein beträchtliches Stück länger ist, und dass in diesem Stücke die Richtung des medialen Endes seiner Achse nach oben noch bedeutend zunimmt. Sieht man hiervon einstweilen ab, so lässt er sich ähnlich zerlegen wie der laterale. Ein Durchschnitt durch die Spur des Weges, den ein Punkt an der hinteren festesten Parthie der Bandscheibe über ihm zurücklegt, giebt ähnlich wie beim lateralen ein kreisförmig gebogenes Profil, in dessen Mittelpunkt die Achse zur Schnittfläche senkrecht steht, und sie zeigt sich dann ganz ähnlich der des lateralen von der Incisura intercondyloidea durch die Höhe des Epicondylus nach oben und ein wenig vorwärts gerichtet bei aufrechter Stellung des Oberschenkels, und mit der des lateralen rein in einer frontalen Ebene liegend, wenn er um etwa einen halben rechten Winkel nach hinten geneigt ist. Beide liegen also in einer bei aufrechter Haltung etwas vorüber geneigten, bei etwas Beugung aber durch die Tibia gehenden Ebene und schneiden sich abwärts convergirend in der Incisura (vgl. Figg. 51. 52). Hierbei muss man nur, wie gesagt, von dem vorderen Ende des Condylus absehen. Hier wird die Biegung seiner Ränder nach der Seite, die man in der Ansicht von unten erkennt, so sehr überwiegend (vgl. Taf. V. Figg. 3, 4), die Richtung

derWege, welche Punkte an den Bandscheiben über ihn hin zurücklegen, weicht so aus der Ebene des Schnittes, der den hinteren Theil senkrecht zu seiner Achse trifft, gegen die Mitte des ganzen Gelenks hin ab, dass er hier nothwendig daneben geht und hier also Theile der Oberfläche trifft, die näher dem Rande in weiterem Abstande von der Achse mit grösserem Radius gebogen sind, so dass der Durchschnitt am vorderen Ende nothwendig flacher gebogen sein muss. Es überwiegt hier die Biegung der Ränder nach der Seite hin, die nach vorn und oben. Die Achse dieses Theiles der Krümmung sieht mehr nach oben als nach der Mitte, wie in Fig. 52. punkirt angedeutet ist.

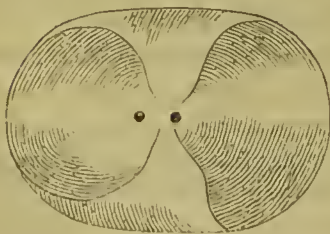
Dies hat zuerst H. Meyer (a. a. O.) erkannt und durch die Annahme einer besonderen schiefen Achse für das vordere, den lateralen Condylus überragende Ende des medialen ausgedrückt. Er bemerkte nur nicht die geringere Schiefheit, die sie schon in der ganzen Länge beider Condylen hat und die nur hier mehr und mehr zunimmt, und stellte deshalb den Theil der Biegung, in dem dies der Fall ist, dem übrigen zu scharf getrennt gegenüber. Eine sehr genaue Bestimmung der Lage der Achse in ihm ist überhaupt nicht einfach zu machen, da die Aenderung ihrer Richtung von Strecke zu Strecke allmälig fortschreitet, und also kein für einen grösseren Theil der Fläche zu ihr senkrechter Durchschnitt gemacht werden kann. Die veränderte Biegung der Ränder derselben drückt aber hinreichend deutlich die Veränderung der Bewegung aus, durch welche die Erzeugungslinie die Fläche beschreibend gedacht werden kann. Spuren entsprechender Wege von Punkten der Bandscheibe sind auch nicht leicht rein zu erhalten und drücken die Abweichung der Bewegungsbahn nach der Mitte des ganzen Gelenks hin etwas zu schwach aus (dagegen die kleine entsprechende Schlussbewegung auf dem lateralen Condylus etwas übermässig), weil sich der vordere schlaffere Theil der Faserknorpel am Ende der Streckung mit der vorderen Gelenkkapsel etwas über den Rand des Condylus herum spannt. Dagegen können hier Spuren der Bewegung von Punkten der Tibia nahezu dafür genommen werden, weil an der medialen Seite des Gelenks überhaupt, und besonders am Schlusse der Streckung die Bewegung zwischen ihr und der Tibia verschwindend klein wird. Die so gewonnenen Schemata von Langer (wie Figg. 6, 10. a. a. O.) geben deshalb ein recht gutes Bild der successiven Lagen der Erzeugungslinie über die Fläche hin. Nur hat doch der Einfluss auch der Rotation zwischen Tibia und Bandscheibe auf den Verlauf der Spuren eine Verschiebung derselben veranlasst, in Folge deren sie nicht ganz rein gegen die Achse des Condylus hin convergiren, und gerade auf diese hat Langer auch hier seine künstliche Deduction einer Abwickelungsfläche gestützt, die er zugleich als Torsionsfläche bezeichnet und mit einer Schneckenspirale vergleicht, während das von Meyer angenommene Ansteigen der Achse Alles vollkommen erklärt. Es versteht sich von selbst, dass eine solche schon genau genommen unzulässig wäre (S. o. §. 6) aber einer Bandscheibe gegenüber wohl zulässig ist. Uebrigens ist auch die Stärke der Umbiegung des vorderen Endes bei einzelnen Individuen sehr variabel, namentlich sehr ungleich plötzlich oder allmälig. C. Hüter hat dazu mehrere Beispiele abgebildet, welche eine fast rechtwinklige Knickung und ein fast wie am lateralen Condylus gleichmässiges Fortlaufen auch der Ränder des medialen anCondylen von normalen Oberschenkeln zeigen (Arch.f.Chir. II).

Die Bewegung beider Bandscheiben in den oberen Articu-

lationen gegen die Condylen des Oberschenkels geschieht nach dem Vorigen im Ganzen um schiefe Achsen, die beide im Ganzen von rechts nach links liegen, von denen aber die des lateralen mit dem lateralen, die des medialen mit dem medialen Ende etwas nach oben und ein wenig auch nach vorn gerichtet sind, in einer Ebene die bei gerade aufrechter Lage des Oberschenkels etwas schief hinter der Tibia herunter, aber bei einer mässigen Beugung schon durch sie herabgeht (sodass dann auch die der unteren Articulationen mit hinein fällt). Es ergiebt sich daraus, dass sie beide eine ziemlich gleiche Bewegung von hinten nach vorn um eine quere Achse haben, mit der sich aber etwas Drehung um eine senkrechte verbindet, die bei der Bewegung nach derselben Seite hin bei beiden die entgegengesetzte ist. Die erstere ergiebt den Effect der Beugung und Streckung, welche beiden gemeinsam ist, die letztere zugleich Rotation der lateralen Bandscheibe bei der Streckung nach der Mitte, bei Beugung nach der Seite, bei der medialen beides umgekehrt aber viel bedeutender, namentlich gegen das Ende der Streckung. Ueberhaupt ist auch für sie der Spielraum der ganzen Drehung etwas grösser.

II. Die unteren Articulationen sind auch einfache Charniere, gebildet von den Gelenkflächen der Tibia und den ihnen anschliessenden unteren Flächen der Bandscheiben. Man kann kaum die einen oder anderen als Kopf oder Pfanne in diesem Contacte bezeichnen. Denn er ist fast eben, und die Achse um die sich die in ihm verbundenen Stücke gegeneinander bewegen können, erhebt sich senkrecht aus demselben. Nur an der lateralen Gelenkfläche der Tibia erhebt sich die Gegend, wo die Achse, hervortritt, etwas und lässt sich als Spitze eines flachen Kegels erkennen. Deutlich bezeichnet ist aber an beiden die Biegung, welcher entlang die Bewegung geschieht, in dem freien horizontal um die Oberfläche des ganzen Gelenkendes der Tibia herumlaufenden Rande. Er ist an beiden ein Stück (etwa ein Drittel) eines Kreises, dessen Mittelpunkt an der Eminentia intercondyloidea liegt. Von ihm aus gegen die Enden des Kreises sind sie durch mehr gerade Ränder begrenzt, entsprechen also ihrem ganzen Umfange nach Sectoren von Kreisen, die einen von der Gegend ihrer Centra nach hinten und vorn etwas verbreiterten Streifen von nicht über-

Fig. 54.



knorpelter Fläche der Tibia zwischen sich haben. Entlang der Peripherie derselben können die ihr anliegenden dicken oberflächlichen Ränder der Bandscheiben gleiten und sich also um eine durch den Mittelpunkt derselben gehende Achse drehen, bis die vorderen und hinteren die entsprechenden der Gelenkflächen erreichen. Diese Achsen sind natürlich senkrecht zu der Ebene der Kreise und gehen also auch senkrecht durch die Tibia, da die Ebenen der beiden Gelenkflächen horizontal auf ihr aufliegen. Sie gehen auch beide durch die Eminentia intercondyloidea; es kann also hinreichend genau nur Eine angenommen werden, um welche sich beide Bandscheiben drehen (vgl. o. Figg. 51. 52). Sie schneidet sich in dem offenen Zwischenraum zwischen Incisura und Eminentia intercondyloidea mit denen beider Oberschenkelcondylen und liegt auch bei einer Rückwärtsneigung des Oberschenkels um einen halben rechten Winkel mit ihnen in Einer Ebene.

Diese Verhältnisse lassen sich an den unteren Articulationen nicht so, wie an den oberen durch Spuren der Bewegung einzelner Punkte an den Bandscheiben auf der Tibia und durch sie geführte Durchschnitte der Gelenkflächen derselben deutlich machen, denn die ersten würden zu kurz ausfallen und die letzteren, wenn sie zur Achse senkrecht sein sollten, über die Fläche beinahe nur hinstreifen. Hier lässt sich aber der Modus der Drehung durch Nadeln veranschaulichen, die als Zeiger der Drehung der Bandscheiben seitwärts aus denselben hervorstehen. Sie drehen sich bei Rotationen des Oberschenkels mit den Bandscheiben an der fixirten Tibia in etwa horizontalen Ebenen concentrisch den Rändern der letzteren um diese herum. Nur wenn die Bandscheiben den hinteren Rand der Tibia erreichen, (die mediale bei Rotation mit der Fussspitze zur Seite, die laterale bei der umgekehrten) der etwas abschüssig ist, nimmt die Bewegung eine etwas nach unten aus der horizontalen Ebene abweichende Richtung an, verbindet sich also mit einem Antheile Drehung um eine quere Achse neben der um die senkrechte, wie die der oberen um die quere mit einem Antheile um die senkrechte verbunden ist; oder, kürzer ausgedrückt, sie drehen sich um Achsen, die von der senkrechten mit dem unteren Ende etwas abweichen, für die mediale nach der Mitte, für die laterale nach der Seite. Es kommt zu der Rotation, die eine jede Bandscheibe auf der Tibia nach hinten bringt, ein kleiner Antheil Beugung. Da der vordere Theil der Bandscheibe nicht bis an den hinteren abschüssigen Rand der Tibia kommt, an

dem dies geschieht, so würde die Pfanne für den Condylus des Femur dabei flach geknickt werden. Dies gleicht sich aber dadurch aus, dass sie sich dann etwas kürzer von hinten nach vorn zusammenschiebt.

Hierüber hat Robert (a. a. O.) Messungen angestellt. Die Verkürzung ist natürlich rein passiv, indem der Condylus des Femur in Contact mit dem hinten an der Tibia herabgleitenden dicken Rande der Bandscheibe bleibt, und sich demgemäss herabsenkt, der vordere aber sich ihm dann wieder anschmiegen muss, weil sonst ein leerer Raum zwischen ihnen entstehen würde.

Der Spielraum der unteren Articulationen ist viel kleiner als der der oberen. Denn die Gelenkflächen der Tibia sind von ihrem hinteren bis zum vorderen Rande gar nicht viel grösser als die Bandscheibe. Diese lassen nur einen kleinen Streifen von ihnen hinten oder vorn frei, über den sich ihr Rand hinbewegen kann, bis er den der Gelenkfläche erreicht. Hierin verhalten sich aber noch mehr als in den oberen Articulationen die beiden Seiten des Gelenkes ungleich. Von den unteren ist es aber die laterale, welche einen bedeutend grösseren Spielraum hat. Die laterale Gelenkfläche der Tibia ist nach hinten, ähnlich wie der mediale Oberschenkelcondylus nach vorn, länger als die laterale und hier hat sie auch am deutlichsten den Uebergang zu einer Abwärtsbiegung, daher man auch für dieses Stück sehr wohl, wie für jenes vordere Ende des medialen Condylus eine besondere schiefe Achse annehmen kann (in Fig. 51. punktirt). Dem ungleichen Spielraum der Bewegung beider Bandscheiben gegen die Tibia entspricht auch ihre verschiedene ligamentöse Befestigung an derselben. Die beiden mehr faserigen Enden, in die sie vorn und hinten auslaufen, sind von der medialen weit auseinander hinten und vorn am Knochen befestigt, sodass sie sich von diesen Stellen nie weit entfernen kann ohne dieselben zu einer die weitere Bewegung verhindernden Spannung zu bringen, von der lateralen dagegen nahe der Spitze, in der sich das Centrum der Gelenkfläche erhebt, um welches sie sich also freier drehen kann.

Die laterale Gelenkfläche der Tibia ist zuerst von H. Meyer als ein flacher Kegel, auf dem sich die Bandscheibe um eine senkrechte Achse drehen kann, richtig definirt. Die hinten stärkere Abschüssigkeit derselben, über der auch die Synovialhöhle unter dem M. popliteus hin zuweilen bis in das Gelenk des Fibulaköpfchens fortgeht, ist nach C. Hüter (Virchows Archiv. Bd. XXVI.) viel auffallender beim Neugeborenen, was er mit Recht aus der gebeugten Lage des Knies im Uterus erklärt.

Es erübrigt noch kurz den Antheil fest zu stellen, den der directe Contact der Tibia und des Femur an der Bewegung der

oberen und unteren Articulationen nimmt. So breit er ist, namentlich in der weiten Oeffnung der medialen Bandscheibe, so ist er doch durchaus nicht congruent, sondern auch in den einander direct zugekehrten Stücken ihrer Oberfläche sind die überknorpelten Condylen beider Knochen ganz so gebogen, wie es der Bewegung eines jeden gegen die zwischen ihnen liegende Bandscheibe entspricht. Nichts destoweniger ist ihr Vorbeigleiten auch an einander ein rein schleifendes wie an den Bandscheiben, gerade wie dies einfacher und deutlicher an den einander berührenden, aber nicht congruenten Streifen des Radius und der Trochlea des Humerus vorliegt. Denkt man sich eine Bewegung zwischen der Bandscheibe und dem Oberschenkel, welcher die Tibia folgt, so geht dieselbe Stelle von ihr, die gerade in der Oeffnung der Bandscheibe dem Oberschenkelcondylus fest anliegt, ebenso wie ein Stück der Bandscheibe in congruent schleifendem Contacte über ihn hin. Wenn aber eine reine Drehung zwischen ihr und der mit dem Oberschenkel unbeweglich verbundenen Bandscheibe Statt fände, so ginge ein grösserer Theil von ihr an ein und derselben Stelle des Femurcondylus, die ihr in der Oeffnung der Bandscheibe gerade festanschliessend gegenüber stände, ebenso congruent schleifend wie an dieser vorüber. In der Regel wird nur beides zugleich geschehen, in verschiedenen Verhältnissen des Ausschlages beider, je nachdem sich die Drehungen der unteren und oberen Articulationen combiniren.

Nur bei gewissen Stellungen kommt ein ausgedehnterer congruenter Contact zwischen Femur und Tibia zu Stande, in dem dann auch ein congruentes Schleifen der Flächen übereinander möglich ist. Wenn die Bewegung der unteren Articulationen so weit geführt ist, dass der vordere Rand den der Gelenkflächen der Tibia erreicht, so stösst der Condylus des Oberschenkels auf den vordersten nun in der Oeffnung der Bandscheibe stehenden Theil der Tibia. Die weitere Bewegung der Bandscheibe gegen die Tibia ist damit geschlossen, aber der Oberschenkelcondylus kann sich nun noch ferner in ihrer oberen Aushöhlung drehen, die nun erst recht vollkommen durch den von ihr umfassten Theil der Tibia zu einer ihm flächenhaft congruent anschliessenden Pfanne ergänzt wird. Namentlich in der medialen Hälfte des Gelenks ist dieser Theil der Tibia, der, wenn der Contact des Oberschenkelcondylus mit ihr durch die Bewegung der Bandscheibe auf ihr nach vorn, auch möglichst weit nach vorn gerückt ist, ihm

ebenso wie diese anpasst zu einer glatten Aushöhlung entwickelt, in der z. B. beim Stehen der Femurcondylus sehr fest ruht.

§. 60. Combinirte Bewegungen.

Aus den bisher analysirten einfachen Elementen der Bewegung, welche in den einzelnen Gelenkflächenverbindungen des Kniegelenks möglich sind, lassen sich die resultirenden Bewegungen zwischen Oberschenkel und Tibia leicht combiniren, doch gilt auch hiervon dasselbe, wie von der Schematisirung der Contactflächengestalt im Einzelnen, dass die Zerlegungen und Zusammensetzungen der gleichzeitigen Drehungen, die in einzelnen Articulutionen neben einander geschehen, so wenig ganz mit mathematischer Strenge durchgeführt werden können, wie dort die mit sich congruente Verschiebbarkeit der Flächen vollkommen rein nachzuweisen war, denn immer wirkt die Elasticität der Bandscheiben und die Ausgleichung kleiner Ungenauigkeiten des Contactes durch die reichliche Synovia des Kniegelenks mit, um Verschiebungen möglich zu machen, die nicht ganz mathematisch definirbar sind. Eine ziemlich annähernd genaue Zerlegung und Zusammenstellung der Effecte aus den Drehungen der einzelnen Articulationen lässt aber eine hinreichend klare Uebersicht über die Zusammensetzung der resultirenden Bewegungen durch dieselben feststellen. Zu den zulässigen Ungenauigkeiten, die dabei unterlaufen, gehört namentlich die schon oben angenommene Zerlegung der Drehung eines Femurcondylus in seiner Pfanne um seine schiefe Achse in einen Theil von Drehung um die quere und um die senkrechte, die mit jener in Einer Ebene liegen, wozu genau genommen noch ein kleiner Antheil Drehung um eine zu dieser Ebene senkrechte (sagittale) Achse zu rechnen wäre, (gerade wie bei der in dieser Beziehung ein wenig feineren Zergliederung der Bewegung der Rippen §. 23), der aber vernachlässigt werden kann, da er sich durch eine kleine Drehung zwischen Condylus und Bandscheibe, gemäss ihrer nach unten convexen Biegung im queren Durchmesser leicht ausgleicht. Dergleichen liesse sich noch mehr nachweisen und ebenso als zulässig erklären.

Es sind zwei Arten der Bewegung des Unterschenkels, die durch die Bewegung der vereinigten Articulationen des Kniegelenks mit geringen Variationen, theils getrennt, theils mit einander verbunden zu Stande kommen, die Flexion, Drehung um die quere Achse, und Rotation, Drehung um die senkrechte. Es ist bereits

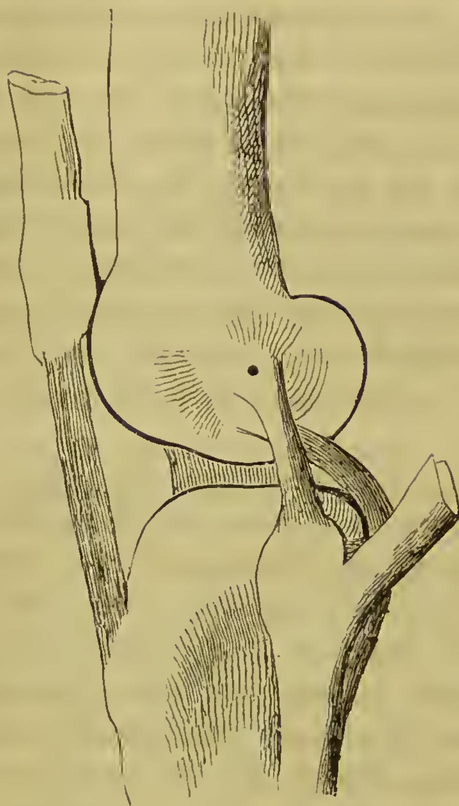
oben angedeutet, dass die erstere hauptsächlich in den oberen Articulationen zu Stande kommt, die letztere in den unteren, also der Unterschenkel wesentlich mit den Bandscheiben gegen den Oberschenkel gebeugt und gestreckt, aber ohne dieselben gegen den mit ihnen verbundenen Oberschenkel rotirt wird. Es wirken aber bei der Flexion auch die unteren, bei der Rotation auch die oberen Articulationen neben denen, die vorzüglich den Ausschlag geben, mit, um die kleinen Differenzen auszugleichen, welche in den letzteren zwischen den im ganzen gleichen Drehungen der nebeneinanderliegenden medialen und lateralen bestehen und wegfallen müssen. Dabei kommen zugleich die Antheile der den letzteren gemeinsamen Drehungsart, welche jene auch haben, dem Haupteffecte noch mit zu Gute.

I. Bei Beugung und Streckung des Kniegelenks bewegen sich hauptsächlich die Bandscheiben und mit ihnen die Tibia rückwärts oder vorwärts über die Biegung der Oberschenkelcondylen entlang. Sie drehen sich beide wesentlich um eine durch beide Condylen gehende quere Achse, da dies der beiden gemeinsame Haupteffect der Drehung um die einer queren sehr nahe liegende eines jeden ist. Zugleich hat aber dabei jede Bandscheibe eine kleinere Drehung um eine senkrechte Achse, die für beide nicht die gleiche ist, eine Rotation, durch die sie sich bei Streckung am vorderen, bei Beugung am hinteren Ende ihrer Bahn etwas entgegenkommen. Da sich nun die beiden mit einer jeden verbundenen Hälften der Tibia nicht auch so einander entgegenkommen oder von einander entfernen können, so muss diese Rotation für eine jede derselben durch eine entgegengesetzte zwischen ihr und der Bandscheibe ausgeglichen werden. Wie sich zu dem Ende die Einzelbewegungen combiniren müssen, macht ein Beispiel klar. Man kann sich in demselben ebensogut die Tibia als den Oberschenkel als stillstehend denken; und dies ist für die klare Vorstellung der Rotation um die senkrechte Achse, die sich mit der Flexion um die quere verbindet, bequemer.

Denkt man sich eine rechte Tibia ruhig in senkrechter Stellung, wie wenn man gerade auf einem Stuhle sitzt, und den Oberschenkel über ihr aus Beugung in Streckung übergehend, wie wenn man sich erhebt, so dreht sich jeder Condylus desselben in der Pfanne seiner Bandscheibe um die beiden gemeinsame Querachse. Zugleich würde aber in Folge der Schiefheit der Achsen, wenn die Bandscheiben ganz still auf der Tibia ständen, jeder

eine Rotation um die senkrechte machen, und zwar der laterale

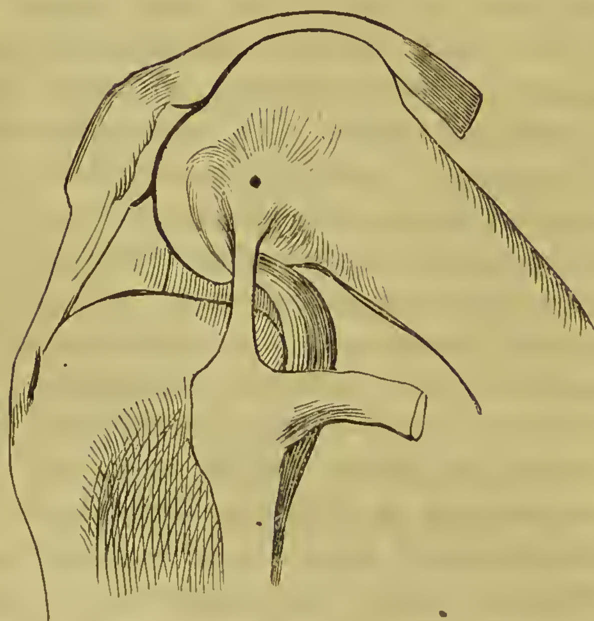
Fig. 55.



mit seiner nach der Seite ansteigenden Aehse, von oben angesehen, wie der Zeiger einer Uhr, der mediale mit seiner medialwärts ansteigenden umgekehrt wie der Zeiger einer Uhr. Beide würden also vorn auseinandergehen. Da dies nicht möglich ist, müssen sich die beiden Bandseheiben vorn entgegenkommen. Die mediale muss sich während der Drehung des Condylus in ihr auf der Tibia um die senkrechte Achse drehen von oben angesehen wie der Zeiger einer Uhr, die laterale umgekehrt. Beide bewegen sich nach vorn.

Diese Combination ist in allen Fällen die ganz analoge. Hieraus folgt, dass bei Beugung und Streekung mit der Drehung

Fig. 56.



beider oberen Artieulationen im gleiehen Sinne um die quere Aehse, eine gleichzeitige beider unteren in einander entgegengesetztemSinneverbunden ist, und zwar mit Beugung die, wobei sich die hinteren, bei Streekung die, wobei die vorderen Ränder der Bandscheiben und der Tibiagelenkfläehen einander nähern, welches ja für die zu beiden Seiten der Aehse liegenden beiden Seiten eine entgegengesetzte Drehung ist, nur

nicht entgegengesetzt in Betreff des geringen Antheiles von Drehung um die Querachse, den auch die unteren Articulationen haben, der zur Beugung und Streckung noch ein wenig beiträgt. Bei Beugung sind daher von den Femur- und Tibiacondylen zugleich die vorderen Enden von den Bandscheiben verlassen; bei Streckung schliessen sie beiden auf. Bei Beugung stehen die Bandscheiben und mit ihnen die Mittelpunkte der beiden Condylen des Femur über dem hinteren Theile von denen der Tibia; bei Streckung über dem vorderen. Uebermässig auffallend ist dies Vor- und Zurückgehen an der Patella zu sehen, da die Femurrolle, der sie aufliegt, auch schon durch die Drehung um die Querachse der Condylen, welche weiter zurück liegt als ihre eigene vor und zurück verlegt wird.

Die Hemmung der Beugung und Streckung ist mit dem Anstossen der dicken Ränder der Bandscheiben an den schon bezeichneten Stellen vor und hinter den Gelenkflächen der Condylen gegeben. Es ist natürlich hinten zugleich ein Anstossen der Tibia am Femur. Nach C. Hüter (a. a. O.) soll auch bei Streckung der vordere Rand der Incisura an der Eminentia intercondyloidea anstossen. Auf die Bänder ist noch unten Bezug zu nehmen.

Die Compensation des Antheiles von Rotation, der sich mit der Beugung und Streckung verbindet, ist aber nicht gleich vollkommen für beide nebeneinander liegende Hälften des Gelenks. Er ist, wie oben gezeigt, grösser zwischen der medialen Bandscheibe und ihrem Condylus. Dagegen hat sie die geringere Beweglichkeit um die senkrechte Achse der Tibia, durch welche er compensirt werden muss. Umgekehrt ist an der lateralen Seite die Rotation der oberen Articulationen geringer, die der unteren grösser. Die Compensation der ersteren durch die letztere fällt also dort ungenügend, hier dagegen übermässig aus. Wenn also alle Articulationen ihren vollen Spielraum von hinten nach vorn durchlaufen um die volle Beugung und Streckung des Kniegelenkes auszuführen, so resultirt ausser der entscheidenden Drehung um die Querachse ein Rest der gleichzeitigen Rotation, wie sie mit ihr in der um die schiefe Achse der medialen oberen und lateralen unteren Articulationen verbunden ist, d. h. Drehung der Fussspitze nach der Seite bei Streckung und umgekehrt. Dieser Antheil von Rotation kann über die ganze Bahn der Beugung und Streckung gleich oder ungleich vertheilt werden. Es kann z. B. beim Uebergang von Beugung zu Streckung jede Articulation ihren Spielraum gleichmässig fort durchlaufen, wobei die, welche den kleinsten hat, die Drehung zwischen medialer Bandscheibe und Tibia, in

jedem kleineren Theile der Bewegung fast unmerklich wird, aber doch immer ihren Theil beiträgt um die Schiefheit der Achse im medialen Condylus nie ganz allein bestimmend für die Richtung der Streckung werden zu lassen. Oder es kann diese Compensation durch die mediale untere Articulation gleich von vornherein stärker benutzt werden, um so lange als möglich eine Drehung rein um die Querachse herzustellen. Dann kommt die mediale Bandscheibe schon ganz an den vorderen Rand der Tibiagelenkfläche, bevor die Streckung vollendet ist, und diese geschieht dann am Schlusse so, dass die Tibia rein der Biegung des medialen Condylus folgt, also mit schliesslich deutlicherer Rotation der Fussspitze nach der Seite.

Die letztere Art der Combination hat H. Meyer als die typische beschrieben und von ihr dann mit Recht behauptet, dass dabei zum Schlusse die Drehung rein um die schiefe Achse des vorderen Endes vom medialen Condylus erfolgt. Die erstere erklärt Langer für die typischere. Es mag sein, dass der etwas schiefe Zug der Streckmuskeln, welche an dem schief vom Gelenke aufsteigenden Oberschenkel entspringen, von vorn herein die etwas mit Rotation verbundene Art der Streckung, und umgekehrt auch der Ansatz des überwiegenden Theiles der Flexoren an der medialen Seite der Tibia die analog combinirte Beugung auf ihrer ganzen Bahn begünstigen. Von Seiten des Gelenkmechanismus ist die eine Art der Reihenfolge der Bewegungen in den einzelnen Articulationen so gut zulässig wie die andere und keine durch die Form der Gelenkflächen vorzüglich vorgeschrieben. Den Vortheil aber, die Form des medialen Femurcondylus durch die Spuren der Bewegung von Punkten der Tibia anschaulicher zu machen, wie Langer es gethan hat, würde gerade die andere Art der Flexion noch reiner gehabt haben, als die von ihm bevorzugte, weil es bei jener wirklich einen beträchtlichen Theil der Bewegung der Tibia gegen den Oberschenkel giebt, wobei sie mit der der Bandscheibe über ihn hin identisch ist. Bei ihr fiele also auch der kleine Fehler weg, den seine so gewonnenen Schemata noch haben (s. o. S. 227).

II. Bei Rotation des Kniegelenks bewegen sich hauptsächlich die Condylen der Tibia unter den Bandscheiben in gleichem Sinne um die senkrechte Achse, also, da die Achse zwischen beiden Bandscheiben liegt, unter der einen vor-, unter der anderen rückwärts, unter der medialen vor und unter der lateralen zurück, zur Drehung der Fussspitze nach der Seite, und umgekehrt nach der Mitte. Es ist hieraus selbstverständlich, dass, wie bekannt, die Rotation nicht ausführbar ist bei voller Streckung. Denn bei dieser sind in beiden unteren Articulationen die vorderen Ränder der Bandscheiben und der Tibiagelenkflächen bereits in Berührung. Sie können also nicht an einer Seite noch weiter nach vorn über einander gleiten, wie dies doch bei jeder Rotation erforderlich ist. Dasselbe gilt, nur weniger absolut, von der vollen Beugung, wobei

die hinteren Ränder der Bandscheiben und Tibiacondylen einander erreicht haben, aber eine weitere Fortsetzung der Bewegung nicht so absolut gehemmt ist. Frei ist aber die Rotation nur in der mittleren Lage zwischen Beugung und Streckung. Mit der Rotation zwischen Tibia und Bandscheiben verbindet sich aber wieder auch ein kleiner Antheil Beugung und Streckung bei der Annäherung der hinteren und vorderen Ränder ihrer Contactflächen, namentlich wenn die hinteren Ränder der Bandscheiben auf dem hinteren Abhange der Tibiagelenkflächen stehen, zumal der lateralen und zwar für die Rotation der Tibia mit der Fussspitze nach der Seite einer von Beugung gegenüber der medialen, von Streckung gegenüber der lateralen Bandscheibe. Dies wird nun wieder durch kleine Antheile von entgegengesetzter Drehung in den oberen Articulationen ausgeglichen, die sich also ebenfalls bei der Rotation umgekehrt mit einander, aber jede ebenso mit der unter ihr zusammensetzen, wie bei der Flexion, Beugung mit der bei der Beugung, Streckung mit der bei der Streckung erfolgenden Drehung zwischen Bandscheibe und Tibia, aber beides nur sehr wenig und namentlich noch viel weniger an der medialen Seite des Gelenkes, wo alle Verschiebungen zur Rotation geringer sind als in der lateralen. Sofern diese Drehungen um die Achse der Condylen auch selbst wieder noch einen Antheil Rotation enthalten, ist er auch noch ein Zuwachs zu derselben. Er ist nun für die beiden Seiten der gleiche.

Diese compensirenden Bewegungen der oberen Articulationen mit den unteren bei der Rotation sind beim Menschen sehr geringfügig, da die Drehung zwischen Bandscheiben und Tibia doch beinahe wie um eine für beide Seiten gemeinsame senkrechte Achse geschieht. Es ist interessant sie bei solchen Thieren wieder aufzusuchen, bei denen auch die unteren Articulationen mehr zur Beugung und Streckung beitragen, demgemäss aber auch bei der Rotation ebenso sehr die Compensation derselben durch die oberen verlangen, wie diese die der Antheile von Rotation bei Flexionen durch sie. Dieses liegt z. B. bei Affen und Raubthieren vor. Die Figg. 5. 6. 7. der V. Tafel zeigen das Knie eines Hundes bei stillstehender Tibia mit gestrecktem, mit nach der Mitte und nach der Seite bei rechtwinkliger Beugung rotirtem (um die Längsachse der Tibia gedrehtem) Oberschenkel. In Fig. 5 sind zugleich ungefähr die Achsen der vier Articulationen angedeutet, von denen die der unteren medialen mit der der oberen lateralen, und umgekehrt die der beiden anderen beinahe zusammenfallen, im Ganzen also beinahe nur Drehungen um 2 Achsen sich combiniren, wie in den Handgelenken beim Menschen. In der vollen Streckung sind wie beim Menschen die hinteren Enden von allen vier Gelenkflächen so viel als möglich von den Bandscheiben entblösst. Bei Beugung würden sie ebenso alle bedeckt sein. Die Rotationsantheile um die verschieden schiefen Achsen würden sich aufheben, die um die quere von allen vier Articulationen sich summiren. Bei Rotation nach der Mitte (Fig. 6), was dasselbe ist wie

Rotation der Fussspitze nach der Mitte, wird die laterale Tibiagelenkfläche von der Bandscheibe hinten bedeckt, die mediale verlassen; zugleich muss nun aber der Condylus des Femur in der lateralen Bandscheibe eine der Streckung verhältnissmässig nahe Stellung beibehalten, noch stark hinten von ihr entblösst bleiben, der mediale dagegen sich schon der vollen Beugungsstellung in ihr nähern, hinter ihrem hinteren Rande fast ganz verschwinden. Bei Rotation nach der Seite (Fig. 7) wird umgekehrt die mediale Tibiagelenkfläche, hinten von der Bandscheibe ganz bedeckt, die laterale entblösst; zugleich muss nun der mediale Condylus mehr eine Streckungsstellung in seiner Bandscheibe einnehmen, hinten stark aus ihr hervortreten, der laterale dagegen eine fast vollkommene Beugungsstellung, hinten ganz verschwinden.

Der ganze Spielraum der möglichst reinen Beugung und Streckung beträgt, wie bekannt, fast zwei rechte Winkel, der der reinen Rotation bei etwa halber Beugung nicht ganz halb so viel. Es ist ausserdem leicht ersichtlich, dass beide Arten der combinirten Bewegung, da sie sich nur aus einer verschiedenen Folge ganz derselben einfachen zusammensetzen, durch alle möglichen Abstufungen miteinander verbunden auftreten können, wovon die oben angeführten Modificationen der Flexion mit mehr gleichmässiger, oder mehr plötzlicher Hinzufügung der schliesslich immer mit ihr verbundenen Rotation nur die kleineren Beispiele sind. Denn, wenn in einer mittleren Beugungsstellung durch vollkommene Annäherung der vorderen Ränder von Bandscheibe und Tibiafläche in der einen, der hinteren in der anderen unteren Articulation die vollkommensten Rotationen zu Stande kommen, so kann von jeder derselben aus nun sofort die Beugung oder Streckung beginnen, indem die eine Bandscheibe gleich in der Lage zur Tibia bleibt, in die sie durch die eingetretene Flexion schliesslich kommen muss, und es verbindet sich dann nur mit dieser nothwendig die der vorhergegangenen entgegengesetzte Rotation.

Auch die Muskeln sind grossentheils beiden Bewegungsarten gemeinsam. Die vor dem Gelenke herunter laufenden, die sich durch Vermittelung der Kniescheibe an die Tibia mitten vor dem Gelenke inseriren, bewirken die Streckung, die hinteren die Beugung; von diesen aber die medial an der Tibia inserirten oberen und der laterale Gastrocnemiuskopf auch zugleich die Rotation der Fussspitze nach der Mitte, der lateral inserirte biceps und der mediale Gastrocnemiuskopf die nach der Seite, wobei denn wohl immer eine Mitwirkung der Streckmuskeln gegen den beugenden Effect verbunden sein muss. Nur der kleine M. poplitaeus wirkt wohl nur auf die Rotation der Fussspitze nach der Mitte, indem er die hintere Seite der Tibia und des lateralen Femurcon-

dylus in seiner Bandscheibe einander nähert. Dies geschieht zwar auch bei Beugung; aber soviel die Enden des Muskels dadurch einander näher kommen, soviel werden sie durch den anderen wesentlicheren Bestandtheil der Beugung, die Drehung um die Achse des Condylus auch wieder von einander entfernt, da er etwas nach unten von der Austrittsstelle derselben am Epicondylus, an der das Lig. laterale festsitzt, unter diesem seinen festesten Ursprung hat (s. o. Figg. 55. 56.).

§. 61. **Bänder und Kniescheibe.**

Die Bandverbindungen der Knochen, welche über die Articulationen des Kniegelenks meist ohne viel Zusammenhang mit den faserknorpeligen Zwischengliedern derselben hinweggespannt sind, verhalten sich im Ganzen ähnlich wie an anderen Gelenken. Sie sind lang und schlaff an allen Stellen, deren gegenseitige Lage sich mit den Bewegungen viel ändert. Die starken und straffen aber sitzen, wie schon oben angedeutet, in der Gegend, wo die Drehungsachsen durchgehen, halten also die Contactflächen in allen Stellungen fest aufeinander ohne die Bewegungen zu hemmen. Da aber der Contact der Gelenkflächen beider Knochen mit den elastischen Bandscheiben leichter als zwischen nur festen Stücken am Schlusse des normalen Spielraums der Bewegungen sich über die bei demselben aneinander stossenden Ränder hinaus verrutschen könnte, wirken sie hier auch zu dessen Erhaltung etwas mehr mit.

Vorzüglich gilt dies von den Ligg. cruciata, die weitaus die stärksten Haftbänder des Kniegelenks sind und eine bedeutende Festigkeit, ähnlich der der vorderen Verstärkungen der Hüftkapsel besitzen. Sie entspringen am Oberschenkel an den einander zugekehrten Flächen seiner Condylen in der Tiefe der Incisura intercondyloidea, also gerade da, wo sich alle drei (oder fünf) Achsen aller vier Articulationen etwa schneiden. Sie bleiben bei allen Bewegungen ziemlich gleich sehr gespannt und drücken also immer den Oberschenkel und die Tibia fest aufeinander und damit zugleich die Bandscheiben zwischen ihnen fest (wie die Ligg. alaria den Schädel und den Epistropheus und damit zugleich den Atlas zwischen ihnen). Beim Schlusse der Bewegungen, namentlich der Streckung scheinen sie sich freilich einer übermässigen Fortsetzung derselben sehr direct zu widersetzen. Was man aber dann durch Fortsetzung der bisherigen Drehung zu erreichen ver-

suchen kann, und was sie hemmen, ist eigentlich mehr ein Klaffen des Gelenks nach hinten mit Anstemmung an den vorderen Rändern der Bandscheiben. Dies würde aber auch in der That ohne die starken Bänder leicht etwas eintreten und zu Verrutschung des Contactes führen.

Durch die Drehung der Femurcondylen um ihre Achse zur Streckung würde das an dem medialen vorn und oben entspringende Lig. cruciatum seinem Ansatze hinten unten an der Tibia ein wenig näher kommen, das am lateralen hinten und oben befestigte von dem seinigen vorn unten an der Tibia etwas entschiedener entfernt werden, da ihre Ansatzlinien an den Rändern der Gelenkflächen doch noch etwas unter den Mittelpunkten derselben liegen (s. u. Fig. 57. 58). Aber durch das gleichzeitige Vorrücken der Bandscheiben wird dies für beide ziemlich wieder ausgeglichen. Ausserdem wird die Spannung, die doch für beide aus der Streckung noch resultirt, weiter gemässigt dadurch dass, wie Langer gefunden hat, auch die Fasern eines jeden einzelnen etwas gekreuzt von der Anheftung an der Tibia zu der Ansatzlinie am Condylus verlaufen und diese Kreuzung sich bei der Streckung fast ganz auflöst (Was er sonst von den Auf- und Abwickelungen dieser, sowie der Lateralbänder entwickelt, ist mir zu verwickelt). Ferner müssen sie beide durch Rotation mit der Fussspitze gespannt werden und begünstigen also die Combination der entgegengesetzten mit der Streckung. Gegen die Mitwirkung der Kreuzbänder bei der Verhinderung einer übermässigen Streckung habe ich früher wohl etwas übertrieben polemisirt. Ist es auch im Grunde nicht eine Fortsetzung normal congruent schleifender Bewegung, was zu hindern es ihrer Spannung mehr als bei anderen Gelenken der der Haftbänder, welche den Contact fest erhalten, bedürfte sondern eine Art beginnender Diastase, so würde diese hier doch ohne sie viel leichter als an anderen Gelenken eintreten. Ich habe mich besonders darauf berufen dass das Knie in der Streckung sehr plötzlich still steht und nicht aus einem Uebermass derselben zurückfedert, wie es müsste, wenn erst eine Ueberanspannung eines elastischen Stranges derselben ein Ende machte. Man kann es aber auch in der That zuweilen aus ihr etwas zurückfedern sehen, wenn es bei Personen, die viel stehen müssen, wie z. B. bei Kellnern, aus einer nachlässig geringen Beugung ohne Widerstand von Muskeln plötzlich nach hinten in volle Streckung umschnappt.

Die anderen Bänder, die seitwärts an den freien Oberflächen der Condylen des Oberschenkels, wo an der vorragenden Stelle des Epicondylus ihre Achse heraustritt, entspringen, die im engern Sinne so genannten Lateralbänder, haben schon viel weniger feste Textur als die cruciata, werden aber auch schon mehr abwechselnd gespannt und erschlafft bei Bewegung der unteren Articulationen, während sie von der viel bedeutenderen der oberen in Folge ihrer Insertion an der Achse derselben gleichfalls ganz unberührt bleiben. Gespannt durch die Verschiebung des Contactes der Bandscheiben und der Tibia nach vorn, also beide bei Streckung, das mediale bei Rotation mit der Fussspitze nach der Mitte, das laterale nach der Seite (Vgl. o. Fig. 55). Dagegen ist auch für die rückgängige Bewegung des Contactes der Band-

scheiben und der Tibia ein kleines elastisches Hinderniss gegeben in dem Lig. transversum, das die vorderen Enden beider Bandscheiben aneinander hält.

Bekanntlich haben die Brüder Weber aus der Spannung der Lateralbänder bei Streckung allein zu erklären versucht, dass von derselben aus keine Rotation mehr möglich ist (ähnlich wie an den Gelenken auf den Mittelhandknochen bei Beugung s. o. S. 191). Dies ist natürlich ohnehin erklärt, wenn man weiss, dass eine Rotation nach der Streckung nichts anderes wäre als die Fortsetzung einer Bewegung der einen Bandscheibe, die schon zu Ende ist. Immerhin stimmt aber damit die Bänderspannung.

Die Verschiebungen der vorderen sehr schlaffen Kapselparthieen bei der Bewegung des Unterschenkels hängen mit der der Kniescheibe zusammen. Sie ist in das untere Ende der Streckmuskeln eingeschaltet, das sich unter ihr nur noch als starker unausdehnbarer Strang bis zum Ansatze an der Eminentia tibiae fortsetzt und vor dem Zwischenraume der Condylen des Oberschenkels heruntergespannt ist. Es kann sich etwas vor und zurück oder zur Seite biegen, jenachdem die Tibia gegen das untere Ende des Oberschenkels, dem die Kniescheibe anliegt, vor oder zurück geschoben wird oder sich rotirt. Der Hauptbewegung der Tibia aber muss die Kniescheibe folgen und gleitet dabei mit ihrer Hinterfläche über dem Gelenkkopfe des Oberschenkels hin und her, gegen den sie durch die Spannung der Streckmuskeln angedrückt erhalten wird.

Dieser vordere Gelenkkopf des Oberschenkels ist rein um eine quere Achse gebogen, die etwas vor denen der beiden Condylen vorbeigeht. Dies sieht man bei Vergleichung eines reinen Sagittalschnittes desselben mit dem etwas schiefen, der den Condylus senkrecht zu seiner Achse schneidet. Jener ist wie dieser ein Stück Kreis, in dessen Mittelpunkte die Achse der Biegung der Gelenkfläche auf seiner Ebene senkrecht steht (s. o. Fig. 53.). Man erkennt es auch schon an dem Profile beider (s. o. Figg. 55. 56.). Er fängt an, wo die Gelenkflächen der Condylen vorn aufhören und erstreckt sich von da vor dem dicken Ende des Knochens etwa so hoch herauf, wie jene hinten. Seine quere Ausdehnung ist gleich der jener beiden mit dem kleinen Abstande, den sie neben dem vordersten Ende der Incisur noch haben. Von dem kleinen Stück freien Randes aus, mit dem er dieser hier angrenzt, geht eine sagittale Furche über ihn hin, die ihn in zwei seitliche erhöhte Ränder theilt und eine entsprechend hervorragende Kante der Kniescheibe aufnimmt. Die Ränder zu beiden Seiten von ihr

sind ihrer Breite nach die Fortsetzung von beiden Condylen. (Vgl. o. Fig. 52). In Folge dessen ist der mediale viel weniger breit und hoch als der laterale, obgleich die Condylen gleich breit sind. Denn der mediale kommt viel schiefer gegen die Biegung der Gelenkfläche für die Kniescheibe an ihrem hintern Rande an. Der demnach auch schief von seinem vorderen Ende weiter laufende Streifen ist also viel schmaler als er, und wird von dem dicken medialen Rande der Kniescheibe überragt, während der dünnere laterale dem hohen lateralen des Femurkopfes vollkommen anschliessend aufliegt und dadurch an einer Verschiebung nach der Seite durch die nicht ganz gerade Richtung, in der nach unten das Lig. patellare nach oben die Muskeln an ihm einander gegenüber gespannt sind, verhindert wird (Vergl. Fig. 52).

Fig. 57.

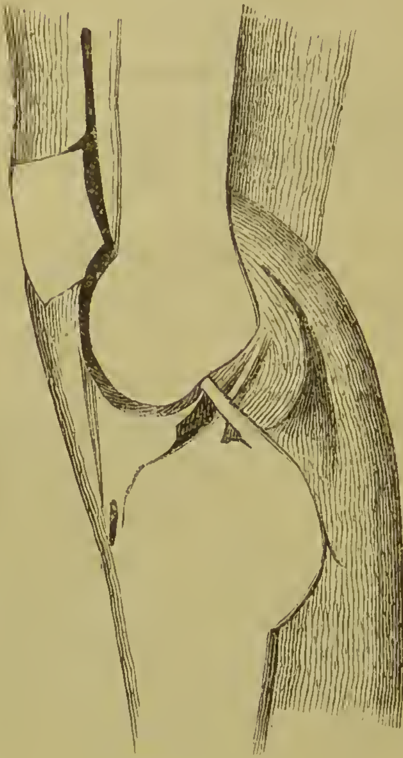
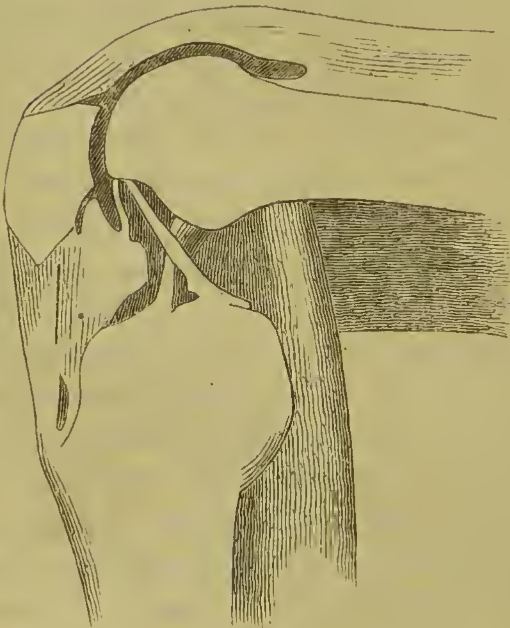


Fig. 58.



Die Pfanne, mit der die Kniescheibe auf diesen Gelenkkopf passt, ist nicht viel kleiner als er; und doch muss sie am Oberschenkel eine ebenso ausgiebige Beweglichkeit haben wie die Tibia. Sie zerfällt durch eine quere vorspringende Kante in eine obere grössere und untere kleinere Hälfte, die nicht gleichzeitig dem Gelenkkopfe genau anschliessen können. Die kleine untere vermittelt den gleitenden Contact

in den der Streckung nahen Stellungen, wenn die obere durch die Muskeln schon mehr vom Oberschenkel weggezogen wird (Fig. 57.); die grosse obere bei mittleren Lagen bis über rechtwinklige Beugung hinaus (Fig. 58). Auch dies Abwechseln genügt aber nicht um den grossen Ausschlag zu erreichen, den die Verschiebung der Kniescheibe vor dem Oberschenkel bei der äussersten Streckung und Beugung erreicht. Bei Streckung kommt sie, wenn sich auch in derselben die Streckmuskeln noch spannen, ganz über dem Gelenkkopfe vor einem lockeren Fettpolster über demselben an der Vorderfläche des Oberschenkels zu liegen, bei Beugung kommt sie vor die Incisura intercondyloidea ruht dann aber noch fest an einem medialen vorderen Stück der Gelenkfläche des lateralen Condylus, das nicht so wie sein freier Rand durch einen die Bandscheiben bei Streckung aufnehmenden Absatz von dem Gelenkkopfe getrennt ist, auf dem sie sonst gleitet, so dass sie also hier ohne Unterbrechung herübergleiten kann (Vgl. o. Figg. 55. 56.).

Die Verbindung der Kniescheibe mit dem Oberschenkel ist durch keine bedeutende Bandfasern verstärkt, sondern rings von den schlaffsten Synovialfalten mit Fettpolstern umgeben, die sich leicht neben den Knochen verschieben und in die Lücken zwischen ihnen einschieben. Sie machen nicht nur die bei Erschlaffung der Streckmuskeln sehr leichte seitliche Verschiebbarkeit der Kniescheibe möglich, sondern füllen auch bei verschiedenen Bewegungen des ganzen Gelenks wechselnd die Zwischenräume aus, die zwischen den Knochen des Ober- und Unterschenkels, hinter dem Lig. patellare sich öffnen und schliessen. Am längsten ist die Umschlagsfalte der Synovialhaut zwischen den oberen Rändern der Kniescheibe und des Gelenkkopfes am Femur, auf dem sie gleitet, welche sich bei Beugung über den letzteren in seiner ganzen Länge hinlegen muss. Sie ist selbst noch länger, als dazu nöthig wäre, da ein beim Foetus noch von ihr getrennter Schleimbeutel unter dem M. cruralis in sie übergeht. Diese höchste Ausstülpung von ihr wird durch die tiefsten Fasern dieses Muskels, die an ihr ansitzen (subcruralis) bei Streckung bis zu zwei Zoll über die Gelenkflächen in die Höhe gezogen (Fig. 57). Aehnlich schlaff sind die zu beiden Seiten die Spalte zwischen Oberschenkel und Kniescheibe deckenden Synovialmembranen und sie wird hier nur bei Beugung durch die Ränder der Mm. vasti mehr verwahrt. Eine hintere schlaffe Kapselverbindung zwischen Kniescheibe und Oberschenkel fehlt natürlich ebenso, wie eine vordere zwischen ihm

und den Bandscheiben, da sich das hintere Ende der Spalte hinter der Kniescheibe und das vordere der über den Bandscheiben ineinander öffnen. Eine Andeutung von ihr ist aber doch da in der Anheftung der dicken fetthaltigen Synovialfalten hinter dem Lig. patellare an dem kleinen Stück freien hinteren Randes vom Gelenkkopfe vor der Incisura intercondyloidea (Figg. 57. 58.). Sie liegt vor dem Gelenkkopfe herunter bei Beugung, hinter der Kniescheibe herauf bei Streckung. Die grossen Fettpolster, die in der Vorderwand der Gesammtkapsel, wo sie von der Tibia zur Kniescheibe heraufgeht, an ihr hängen, erfüllen bei Streckung die grosse Leere hinter dem Lig. patellare, unter dem Gelenkkopfe, über dem die Kniescheibe dann herauf gegangen ist, vor den Kreuzbändern; bei Beugung liegen sie zu beiden Seiten des Ligam. patellare, das sich in die Incisur mit der Patella eindrückt, vorgedrängt in dem offenen Winkel, in welchem vor dem vorderen Rande der Bandscheiben die Gelenkflächen der Tibia und der Femurcondylen weit von einander abstehen, so dass es scheint als klaffte das ganze Gelenk, während doch beide Knochen nach wie vor mit den Bandscheiben in vollem Contacte sind.

Die Anheftung des Lig. alare hinter dem Gelenkkopfe für die Patella in der Incisur ist zuweilen sehr dünn, oder fehlt ganz. Zuweilen entwickelt sie sich aber auch zu einer stark nach hinten ausgedehnten Membran, die in den glatten Ueberzug der Ligg. cruciata unmittelbar zu beiden Seiten übergeht, dann also eine bis zur Kniescheibe reichende Scheidewand der beiden Hälften des Gelenks bildet.

Die Kniescheibe kann aus dem Zusammenhange des Gelenks ganz wegfallen und die Verbindung des Oberschenkels und Unterschenkels völlig ungestört bleiben. Dieser Fall tritt wirklich ein, wenn sie in der Mitte von einander bricht (oder reisst) oder vom Lig. patellare getrennt wird, und statt einer festen Wiedervereinigung nur eine entferntere Verbindung des oberen Endes mit den Muskeln und des unteren mit der Anheftung an der Tibia durch eine lange Sehnennarbe eintritt. Diese gleitet dann auch noch über dem vorderen mittleren Gelenkkopfe des Oberschenkels und liegt ihm also fest an. Sie drückt aber bei Weitem nicht so fest auf ihn wie die Knochenplatte der Kniescheibe und er verliert in Folge dessen seinen Knorpelüberzug. Er wird also um die ganze Dicke desselben vertieft, mit der Zeit auch wohl noch mehr, da die Andrückung der Sehnennarbe gegen ihn immer noch genügt den Knochen, der nicht mehr durch einen Knorpelüberzug geschützt ist, allmälig etwas tiefer auszuschleifen. Ein solcher Fall ist nicht

nur ein ausgezeichnet schlagendes Beispiel von Schwinden des Knorpelüberzuges einer Gelenkfläche nach Wegnahme seiner normalen Compression durch die gegenüberliegende, sondern giebt auch eine gleichsam von der Natur nun erst ganz durchgeführte Zerlegung des Kniegelenks in seine beiden Hälften durch Entfernung des verbindenden Mittelgliedes. Die Incisura intercondyloidea ist nun als tiefer Einschnitt zwischen den vorderen Enden der Condylen durch fortgesetzt.

Taf. VI. Fig. 1 zeigt das so veränderte untere Ende des Femur von einem Präparate, das Herr Professor Roser von der Leiche eines jungen kräftigen Selbstmörders aufbewahrt hat. Er hatte einige Zeit vorher die Kniescheibe gebrochen und sie war so weit entfernt, nur durch eine grosse sehnige Kappe mit dem Ligamentum wieder verbunden, dass sie den Gelenkkopf des Oberschenkels auch bei voller Beugung nicht mehr berührte. Nur ein kleines laterales Fragment war unten hängen geblieben und bewegte sich noch normal gleitend über der Gelenkfläche. Daher ist ein schmaler Streifen derselben am lateralen Rande wohl erhalten, das Uebrige rein verschwunden. Hiergegen sticht das vordere Ende des medialen Condylus wie geschnitten ab. Das ganze übrige Gelenk ist vollkommen glatt und normal.

§. 62. Contracturen des Kniegelenks.

Bei Contractur des Kniegelenks denkt man zuerst an die in extremer Beugung feststehenden Beine. Sie sind freilich in vielen Fällen nur nach entzündlichen Zerstörungen aller Theile des Gelenks so geworden. Wenn sie es nicht sind, so ist die Lage der Gelenkflächen wohl kaum eine andere als bei normalem Beugungsschluss. Ueber denselben kann es nie hinausgehen, da die Hinterflächen des Oberschenkels und Unterschenkels sich schon bei ihm berühren. Diese Contractur hat also nicht, wie andere, gesetzmässige Modificationen des normalen Mechanismus im Gefolge. Sie hat nur ein mechanisches Interesse durch die Art der Bewegung, mit welcher sie gewaltsam theilweise reducirt wird. Ein normales Gleiten der Contactflächen ist dann in der Regel nicht mehr möglich. Die Bandscheiben sind zerstört oder haben doch die Glätte ihrer Oberflächen verloren. Nun steht die im Profile gerade Gelenkfläche der Tibia dem gebogenen Condylus des Oberschenkels gegenüber, noch dazu meist rauh, oder auch theilweise schon adhärirt. Wird nun die Tibia mit Gewalt von der Hinterfläche des Oberschenkels herab und unter ihm nach vorn bewegt, so erfolgt nun abnormer Weise nur eine Art von Abwickelung dieser aneinander liegenden Flächen voneinander, wodurch der vordere Rand der Gelenkfläche der Tibia kaum von der Stelle, also kaum um mehr als

ihre Länge vom hinteren der des Femur entfernt wird und beide nun, wenn es zu einer vollen Ausstreckung kommt, nach hinten klaffen und der Längsdurchmesser der Tibia wohl in derselben Richtung wie der des Femur, aber nicht in seiner Fortsetzung, sondern bedeutend hinter ihr steht (Vgl. Taf. V. Fig. 8.). Man sollte denken das müsste sich heben lassen, wenn momentan beide Knochen durch einen Flaschenzug kräftig von einander gezogen und dann schnell an einander vorbeigeschoben würden, das Femur nach hinten, die Tibia nach vorn.

Das Gegentheil, die Contractur der Streckung kommt ebenfalls vor als Fixirung in einer dem normalen Extrem derselben gleichen Lage nach Zerstörung der glatten Gelenkflächen durch entzündliche Processe, ausserdem aber auch bei sonst ziemlich frei beweglichen Gelenken als Möglichkeit zu einem gewissen Uebermass derselben in Folge von Vorrückung ihrer Hemmungsgrenze. Dabei ist dann namentlich die am Ende zu ihr tretende Rotation mit der Fussspitze übermässig ausgebildet, also besonders die Strecke des medialen Condylus, auf der sich Bandscheiben und Tibia gegen den Gelenkkopf für die Kniescheibe hin drehen, auf Kosten des letzteren verlängert, am lateralen dagegen nur die Abrundung seines freien Randes hinter der Facette, wo die Bandscheibe beim Schlusse der Streckung anstösst, übermässig ausgeschliffen, so dass diese darüber hin an der Facette entlang etwas verschoben werden kann. Nur selten zeigt auch der laterale Condylus selbst ein seitwärts gebogenes Ende. Dieser Zustand kann als angeborene Formvarietät, die zu einer übermässigen Streckung und Schlussrotation disponirt, vorkommen, oder sich mehr wie ein Plattfuss im Leben entwickeln, wenn bei vielem Stehen die Schwere des Körpers durch ihren Druck auf das etwas gegen die Verbindung von Hüfte und Fuss zurück tretende Knie dasselbe stärker in die Streckung und namentlich den medialen Condylus, der am meisten aus der geraden Unterstützungslinie hervortritt, stärker rückwärts drängt und die Muskeln nicht gehörig widerstehen. Bei Beugung sieht ein solches Knie, wenn es weiter noch nicht abnorm umgebildet ist, ganz wie ein völlig normales aus.

Langer (das Kniegelenk des Menschen a. a. O. Fig. 3. Condylus eines genu valgum) u. C. Hüter (Beitrag zur Anatomie des genu valgum a. a. O.) haben solche Fälle als gesteigerte Ausbildung des längeren ungebogenen vorderen Endes vom medialen Condylus, mit Uebergreifen der gleichen Rotationsrichtung auch auf die laterale Hälfte des Gelenks dargestellt und hieraus die Entstehung des Genu valgum abgeleitet. Dies ist gewiss richtig, sofern man schon Fälle von übermässiger Streckung und Rotation

so nennen kann. Was bei den ausgebildeteren Fällen der so genannten Art von Schiefstellung mehr hervortritt, die Seitwärtsbiegung im Knie, wird noch besonders zu betrachten sein.

Neben den beiden Contracturen, welche nur als eine Fixirung, oder ein Uebermass der normalen Bewegungsextreme des Kniegelenks, bedingt durch Andrängen gegen die Hemmungen erscheinen, sind zwei andere denkbar, wobei durch Andrängen gegen die Ränder die Contactfläche an der einen Seite der Hauptquerachse genähert wird. Dem entspräche das bekannte Bild des Genu varum und valgum, Biegung des Gelenks mit Convexität nach der Seite oder der Mitte. Das erstere scheint jedoch mehr nur auf einer Deformität der Gelenkenden der Knochen (rachitischer Verkrümmung) als einer Affection ihrer Contactflächen zu beruhen. Letzteres dagegen lässt, wo es deutlich ausgebildet ist, eine entschiedene Schiefstellung der Contactlinien erkennen, wodurch der laterale Rand derselben an beiden Knochen mehr zurücktritt, namentlich aber der freie des lateralen Femurcondylus gegen den des medialen, so dass der ganze Querdurchschnitt des Gelenks einen stärker als normal geknickten Winkel mit dem Längsdurchmesser des Femur bildet (Vgl. Taf. VI. Fig. 3.). Besonders zeigt sich die Wegdrückung des freien Randes vom lateralen Condylus an seinem vorderen Ende auffallend, wo er hinter der Gelenkrolle für die Patella viel stärker als sonst zurücktritt, während weiter hinten mehr die Tibia leidet, so dass hier der Femurcondylus mit der Bandscheibe bis auf die Fibula herab eingedrückt wird. Dabei ist er aber immer noch drehrund von hinten zu vorn, wenn auch nicht mehr normal glatt. Nur tritt die Achse an seiner Seite mehr zurück nach hinten und oben, wie die Oberfläche des Gelenks selbst; und dies trägt sich auch auf den medialen Condylus über. Er wird mit seinem Rande im Innern des Gelenks stärker auf die Eminentia intercondyloidea niedergedrückt und schleift sich nun auch mehr nach einer seitwärts ansteigenden Achse, mehr ähnlich dem lateralen, zumal wenn bei der Degeneration der Contactflächen auch die compensirenden Drehungen der Bandscheiben mehr und mehr wegfallen.

Zu dieser Veränderung der Knochenform an der Gelenkoberfläche kommt mehr oder weniger seitliche Verrutschung der Ränder der Condylen nach ihrer queren Krümmung an den Bandscheiben hin. Der laterale wird mehr in dieselbe hineingedrängt, der mediale tritt etwas aus ihr hervor. Damit hängt wohl am meisten

die ungleiche Vertheilung des Druckes im ganzen Gelenke zusammen, die bald zu ausgedehnten Auflockerungen und Zerfaserungen der Knorpelüberzüge der Knochen und des Faserknorpels der Bandscheiben führt. Es ist oft schwer zu bestimmen wie einzelne Stellen zuerst dazu kommen. Wo sich aber die Stellung derselben bei der noch vorhandenen Bewegung feststellen lässt, ist meist auch zu erkennen, dass der Verlust des glatten Ueberzuges hauptsächlich da auftritt, wo ein Theil des Knochens, z. B. der Oberschenkelcondylen neben einem noch festaufschliessenden z. B. neben einem verdickten Rande einer Bandscheibe hin gar nicht mehr mit dem gegenüberliegenden zusammenschliesst.

Die Entstehung dieser Verdrängung des Gelenkes aus der normalen Richtung seiner Knochen zu ihrer Bewegungsbahn beruht auf einem Einflusse der Schwere des Körpers, die von oben herab auf die Contactflächen drückt, ähnlich wie die der überwiegenden Streckung und Schlussrotation. Denn dieser Druck wird bei der schiefen Stellung des Gelenks zur Längsausdehnung des ganzen Beines stets stärker auf seinen lateralen Rand fallen und diesen nothwendig zurückdrängen wenn die Muskeln nicht genug widerstehen. Daher ist es auch sehr plausibel, dass beide primär meist vereinigt vorkommen. Sie haben auch wesentliche Formveränderungen an den Knochen gemein, wie namentlich der Eindruck am vorderen Ende des freien Randes vom lateralen Femurcondylus. In der weiteren Entwickelung aber schliesst die zuletzt beschriebene Veränderung, die seitliche Verbiegung vielmehr die Rotation der Fussspitze nach der Seite aus, da für beide Condylen die Achse der auf ihnen noch möglichen Flexion mit dem lateralen Ende nach oben weicht, und das vordere Ende des medialen wird von der Bandscheibe gar nicht mehr erreicht; es verliert den glatten Ueberzug (Vgl. Taf. VI. Fig. 2.).

Eine neue Reihe von Veränderungen tritt aber ein und nun wieder erst recht eine übermässige Rotation mit der Fussspitze nach der Seite zu der Biegung des Unterschenkels nach der Seite, wenn schliesslich die Kniescheibe ihre Rinne zwischen den hohen Rändern ihres Gelenkkopfes am Oberschenkel verlässt. Diese Spontanluxation erfolgt im höchsten Grade des Genu valgum aus der immer mehr geknickten Richtung, welche die Ausspannung der Streckmuskeln über diese Gelenkrolle hin zu ihrem Ansatze an der Eminentia der Tibia hinunter erhält. Es ist freilich nicht anzunehmen, dass sie die Kniescheibe plötzlich den hohen lateralen

Rand der Rolle überspringen lassen werden, wie sie etwa traumatisch darüber gestossen werden kann. Sie wird aber leicht nach einer vollen Beugung, wobei sie ganz über das hintere Ende ihrer Rolle hinaus auf den Condylus tritt, von da aus statt hinter den Rand der Rolle zurück neben ihm hinaus, über das abgeschliffene Vorderende des Condylusrandes hinüber auf die Seite des Oberschenkels gleiten. Auf demselben Wege wäre sie, wenn man sich davon noch einen dauernden Erfolg versprechen kann, zurückzubringen, zuerst in volle Beugung, wobei sie immer ihre normale Lage wieder einnimmt, und von da durch Andrücken mit dem Finger von der Seite bei Streckung wieder ganz in ihre normale Bahn. Sie schleift sich dann auch eine neue Rolle, über der sie auf und ab gleitet in diesem Einschnitte hinter und neben der verlassenen aus, während diese durch Knorpeldefect nach und nach ganz verödet. In der schiefen Richtung, die nun dadurch der Zug der Streckmuskeln von ihrem Ansatze nach der Seite erhält, dreht er den Unterschenkel ganz mit der Fussspitze nach der Seite, sodass der mediale Femurcondylus ganz aus dem Einschnitte der Bandscheibe heraus auf den hinteren Rand derselben tritt.

Die Abbildungen auf Taf. VI. sind von demselben Präparat, das auch schon C. Hüter (a. a. O.) mit Abbildungen (Fig. 1, 3) ausführlich beschrieben hat. Er suchte die Entstehung der seitlichen Biegung als secundäre Folge der Ueberstreckung und Schlussrotation daran nachzuweisen. Ich gestehe, dass es mir äusserst plausibel war und dass ich gern davon abging, wie ich früher (Contracturen der Fusswurzel. Zeitschr. f. rat. Med. III F. V. Bd. S. 47) ausgesprochen hatte, das Genu valgum als Beispiel einer rein seitlichen Contractur aufzufassen. Es war mir eine erfreuliche Bestätigung für meine Auffassung des normalen Mechanismus (Antikritik a. a. O.) hier auch in der pathologischen Veränderung die Trennung der beiden Hälften des Gelenks sich so vollkommen aussprechen zu sehen, dass an beiden nebeneinander die zwei verschiedenen Arten von Contractur, die ich oben definirt habe (§. 16. S. 58, 59), nebeneinander vereinigt sein konnten, an der medialen übermässig fortgesetzte Streckung, an der lateralen Verdrängung über den Rand. Bei nochmaliger Einsicht der Präparate erkannte ich aber, dass wenigstens in diesem vorgeschrittenen Stadium der Deformität erstere nicht mehr zu erkennen war, im Gegentheil die letzte Streckung mit Rotation auf dem vorderen Ende des medialen Condylus gar nicht mehr ausführbar. Denn offenbar ist er, wie der laterale, nur noch mit einer diesem ähnlichen von hinten zu vorn convexen Biegung in schleifendem Contacte mit der Tibia, deren vorderes Ende durch ein ganz verödetes Stück der alten nach der Seite abgebogenen Parthie der Gelenkfläche des Condylus von der für die Kniescheibe getrennt ist (vgl. Fig. 2. und bei Hüter Fig. 1, die Knorpellücke bei B.). Nur an dem Rande der Incisur hängen sie noch durch ein überknorpeltes Stück zusammen, das bei der Streckung an der Eminentia intercondyloides anstösst. Also sind hier doch am letzten Ende beide Condylen nur seitlich verdrückt, nicht mehr übermässig rotirt, oder die Abduction nach Hüters Ausdrucke das allein Uebrige. Dagegen ist die sehr starke Rotation ausgesprochen in

dem anderen Knie derselben Leiche mit Luxation der Patella, das Hüter auch genau darstellt (a. a. O. Fig. 2). Beinahe dieselbe Dislocation aller Articulationen wird sich vermuthlich bei den angeborenen Luxationen der Patella nach der Seite finden.

Die lockeren Synovialfalten sind alle verhärtet und verdickt, die Bänder der Gelenkflächen mit Osteophyten umgeben, Alles wie an anderen contracten Gelenken. Es treten aber alle diese Veränderungen gleich in grösserer Ausdehnung auf, weil die Verschiebung der Bandscheiben aus ihrer normalen Lage bei der einander gar nicht entsprechenden Form der Knochen zu gleich viel grösseren Incongruenzen des Contactes führt. Die Kreuzbänder sind erschlafft und aufgelockert, scheinen also auch nicht viel Widerstand zu leisten, wenn die Muskeln den Oberschenkel und die Tibia nicht mehr richtig aneinander festhalten.

Drittes Kapitel.

Fussgelenke.

---

§. 63. Talus und Fuss.

Der Fuss ist mit dem Unterschenkel, wie die Hand mit dem Unterarm, durch zwei Gelenke verbunden, von denen jedes eine Drehung um eine einfache Achse hat. Dieselben sind aber hier vollständiger als dort voneinander gesondert und die Drehungen um ihre beiden Achsen sind ebenfalls in ihrer Unabhängigkeit von einander leichter zu erkennen. Während an der Hand das Mittelglied zwischen beiden, die erste Reihe der Handwurzelknochen aus drei auch unter sich beweglichen Stücken besteht, die sich an den Bewegungen beider in etwas verschiedenem Masse betheiligen, ist es am Fusse ein einziger Knochen, der ausschliesslich einerseits mit dem Unterschenkel, andrerseits mit dem übrigen Fusse articulirt. Das Sprungbein, Talus oder Astragalus, bildet mit dem Unterschenkel das erste Gelenk, Sprunggelenk oder Knöchelgelenk, in welchem sich der ganze Fuss mit ihm um eine rein quere Achse dreht, mit dem Fusse das zweite, oder Fussgelenk im engeren Sinne, in welchem sich der übrige Fuss gegen es um eine schräg von hinten und unten nach vorn und oben gerichtete Achse dreht. Die erste Bewegung, wobei das Sprungbein mit dem

Fusse bewegt wird, ist die ausgiebigere Beugung (Plantarflexion) und Streckung (Dorsalflexion), wodurch der Winkel, den er mit dem Unterschenkel bildet, grösser oder kleiner wird. Die zweite, wobei es mit dem Unterschenkel verbunden bleibt, ist die weniger starke, aber doch auch deutliche und vollkommen frei ausführbare

Fig. 59.

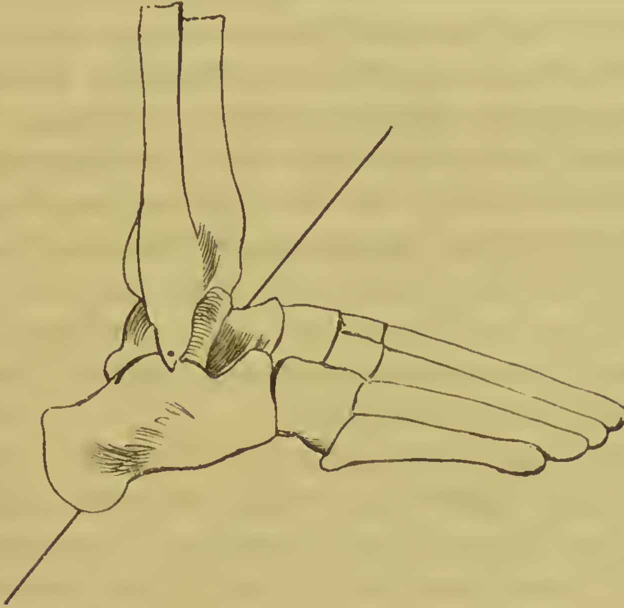
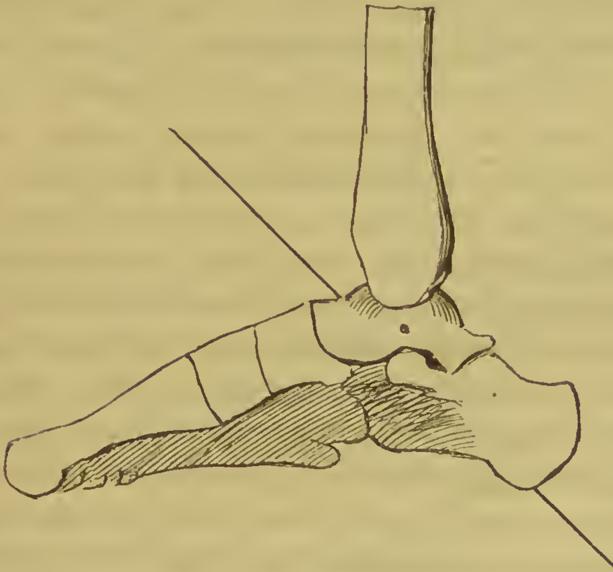


Fig. 60.



Adduction und Abduction des Fusses, wodurch er zugleich mit der Spitze nach der Medianebene hingerichtet und mit der Sohlenfläche ihr zugekehrt wird, oder beides umgekehrt. Beide Bewegungen können fast in allen Graden beliebig frei mit einander oder

getrennt ausgeführt werden. Die Achsen beider gehen durch das Sprungbein, wo sie sich nahezu schneiden. Der Fuss ist also gegen den Unterschenkel, ähnlich wie die Hand gegen den Radius, in verschiedenen Richtungen um fast denselben Mittelpunkt drehbar. Es fehlt ihm nur die Drehbarkeit mit einem Knochen des Unterschenkels um eine in dessen Länge liegende Achse bis auf die kleine und beschränkte Rotation im Knie. Ein Antheil von Drehung um eine senkrechte Achse ist dafür mit der um eine der beiden horizontalen verbunden, welche also die Stelle der Pronation und Supination und der Ränderbewegung zugleich vertritt, ohne dass beide getrennt werden können. Sie erhält nach dem auffallenderen Effect der Näherung oder Entfernung der Fussspitze zu oder von der Medianebene ihre gewöhnliche Bezeichnung, Adduction und Abduction. Die Beugung und Streckung entspricht rein der gleichnamigen Flächenbewegung der Hand, ist aber im Gegensatze zu dieser ebenfalls keine Combination trennbarer Componenten, sondern einfache Bewegung Eines Charniers.

Die beiden ganz selbstständigen Gelenke des Sprungbeins würden auch sehr einfach sein, wenn auch die beiden durch dasselbe getrennten Stücke, Unterschenkel und Fuss sich ebenso als einfache feste Körper verhielten. Dies ist nun aber hier nicht der Fall. Während der Radius mit der Bandscheibe auf dem Ulnaköpfchen einerseits, die zweite Reihe der Handwurzelknochen mit den grossen Mittelhandknochen andrerseits der in sich beweglichen ersten Reihe als unbewegliche Ganze gegenüber stehen, ist am Unterschenkel und am Fuss ein Knochen etwas anders als das übrige Ganze gegen den einfachen Talus beweglich. Die einfache Hauptbewegung der im Knie mit dem Oberschenkel allein und auch im Sprunggelenke mit dem Talus vorzugsweise breit verbundenen Tibia wird von der Fibula zwar wesentlich ganz getheilt, aber doch mit einer kleinen Modification, der eine kleine Bewegung zwischen beiden Unterschenkelknochen entspricht. Das anatomische Analogon der Pronation und Supination wird also hier zu einer kleinen Hülfsbewegung für das erste Gelenk mit der Fusswurzel. Am Fusse aber bewegt sich ebenfalls ein grosser Knochen, das Fersenbein nicht ganz so gegen den Talus wie das ganze in sich fast unbewegliche Gefüge der übrigen und hat also auch wieder zugleich noch eine Mitbewegung gegen dieses. Beide Gelenke können also zwar jedes für sich zergliedert, aber beide nur aus einer Combination von je drei einzelnen Articulationen erklärt werden.

Die Bänder sind theilweise den beiden Gelenken gemeinsam. Indessen sind auch sie ihrer Wirkung auf beide nach sehr wohl einzeln zu berücksichtigen, da sie nur eine sehr geringe Abhängigkeit beider voneinander bei sehr starken Ausschlägen bedingen. Im gewöhnlichen physiologischen Gebrauche ist freilich doch viel Uebereinstimmung. Die Bewegung des Fusses gegen die Vorderfläche der Tibia geht mit der seiner Spitze nach der Seite, welche zugleich Emporkehrung des seitlichen Randes ist, Streckung (Dorsalflexion) mit Abduction und umgekehrt die von der Tibia weg, mit der der Spitze nach der Mitte, welche zugleich Emporkehrung des medialen Fussrandes ist, Beugung (Plantarflexion) mit Adduction Hand in Hand, wie sich dies in den beiden häufigsten angeborenen Contracturen, Plattfuss und Klumpfuss abspiegelt. Auch in den Störungen ihres Mechanismus sind sie immer gemeinsam betheiligt. Die Zergliederung ihrer normalen Construction ist deshalb ganz zu trennen, die Uebersicht der Luxationen und der Contracturen für beide zusammen anzuhängen. Hieran schliesst sich auch die Erklärung der während des Lebens noch an diesen Gelenken normaler Weise statt findenden Entwickelungsvorgänge, welche dieselbe Art von Veränderung, wie sie in den Contracturen vorliegt, mehr im Kleinen zeigen.

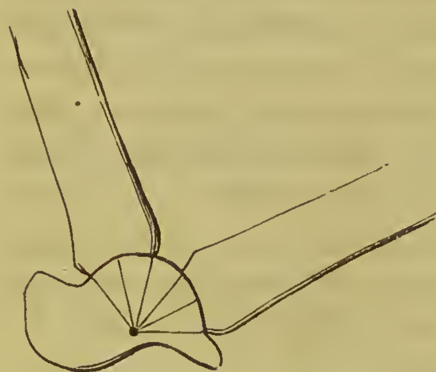
Bei vielen Thieren findet sich normal eine theilweise Verbindung beider Gelenke, indem der Talus nicht ausschliesslich Unterschenkel und Fuss verbindet, sondern auch Fibula und Calcaneus durch ein Gelenk verbunden sind. Beim Menschen kommt dies abnormer Weise bei ausgebildeten Plattfüssen (s. u. §. 67.) auch vor.

§. 64. **Erstes Gelenk.**

Die Verbindung des Sprungbeines mit dem Unterschenkel ist zum grössten Theile durch die Tibia vermittelt. Sie hat auch eine sehr einfache Charnierbewegung gegen dasselbe. Das Sprungbein stellt mit seinem grössten Theile, dem Körper eine Gelenkrolle dar, die mehr als ein Viertheil einer deutlich von hinten zu vorn convexen Biegung darstellt. Das Hauptstück derselben ist der mittlere beinahe rein cylindrische (nur ganz schwach in der Mitte vertiefte) Streifen glatte Fläche, welcher sich oben und hinten über den Knochen hinzieht, vorn bis an den aus der Vorderfläche seines Körpers vorragenden Kopf reicht, hinten nur durch einen schmalen rauhen Rand von der unteren Gelenkfläche getrennt ist. Neben ihm fallen die beiden Seitenflächen des Körpers steil ab, auf die

gleichfalls die glattüberknorpelte Oberfläche sich fortsetzt. Die mediale geht mit einem etwas abgerundeteren Rande aus der oberen hervor und hat nur einen etwa halbzollbreiten überknorpelten Streifen entlang diesem Rande. Die laterale ist schärfer abgesetzt und ganz herunter noch überknorpelt. Auf ihr schliesst der Knöchel der Fibula an. Die breite obere und schmale mediale Fläche dagegen berührt die Tibia, erstere mit der breiten Aushöhlung am Ende ihres Schaftes, letztere mit der aus dieser hervorragenden glatten Fläche ihres Knöchels. In dieser Pfanne dreht sich die Rolle des Talus um ihre quere Achse. Dieselbe geht nahe der unteren Fläche seines Körpers rein horizontal von seiner einen Seite zur anderen. Aus der medialen Fläche tritt sie etwas unter dem Ende des Tibiaknöchels und dem unteren noch etwas um sie gebogenen Rande des schmalen Streifens Gelenkfläche, auf dem er gleitet, aus der lateralen in der Spitze, in der sich hier der Contact der Fibula mit dem Talus zu dem Umrisse eines Sectors des Kreises, dem der Rand im Profil entspricht, abschliesst. Dies zeigen die Seitenansichten sowie jeder Sagittalschnitt derselben, der immer einem Kreisbogen von etwa einem Zoll Radius ziemlich genau entspricht. Ausserdem ist die Drehung zwischen Tibia und Talus ein wenig oder gar nicht, schief gegen diese ihre Achse und zwar, wenn sie es ist, so, dass die Tibia bei der Drehung über dem Talus nach vorn etwas zur Seite geht, also rechts gewunden (oder laeotrop) am linken Fusse.

Fig. 61.

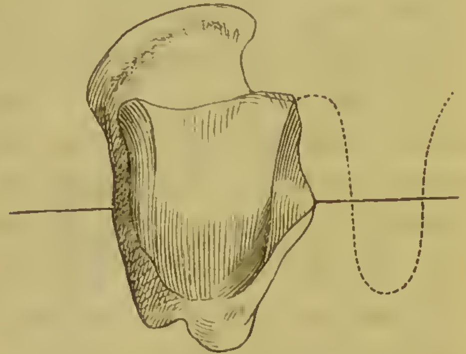


Diese Schiefheit der Gangrichtung im Sprunggelenke ist von C. Langer (Denkschriften der Akademie zu Wien. Math. naturw. Cl. Bd. XII.) untersucht und beschrieben, von mir Anfangs ganz bestritten, nachher in der Hälfte der untersuchten Fälle auch gefunden. Er hat sie aber jedenfalls überschätzt, da er sie nach der Schiefheit des lateralen Randes der Rolle beurtheilt und nicht bemerkt hat, dass dieser sie nur für den Gang der Fibula richtig ausdrückt, der der Tibia aber stets weniger schief ist. Viel auffallender ist sie, wie er gefunden hat, bei vielen Thieren und bei diesen ist sie auch für die beiden Unterschenkelknochen gleich, da dieselben bei diesen Thieren ein unbewegliches Stück bilden. Es ist ähnlich wie beim Ellbogen (s. o. S. 147) wo auch die Schiefheit mit der Unbeweglichkeit der beiden Vorderarmknochen gegeneinander zunimmt. Dann sind auch die beiderseitigen Ränder der Rolle des Talus parallel, während sich die Gangrichtung der Tibia beim Menschen in dem medialen ausspricht. Er ist nicht so scharf wie der laterale; aber doch deutlich

als mit letzterem divergirend und mehr als er zur Achse senkrecht zu erkennen, wenn man diese durch einen Stift darstellt, welcher von der Seite in den Talus gesteckt, bei Drehung desselben an der fixirten Tibia still steht.

Die Fibula macht die Drehung der Tibia gegen den Talus um die quere Achse der Rolle vollkommen mit, unterscheidet sich aber von ihr durch eine gleichzeitige stärkere Schiefheit des Ganges derselben. Die beiden Seitenflächen der Rolle sind von oben angesehen einander nicht parallel, sondern divergiren nach vorn. Die scharfe laterale Kante, welcher entlang die Fibula neben der Tibia hergeht, entfernt sich mit ihrem vorderen Ende ein wenig seitwärts von den Bahnen, die einzelne Punkte der Tibia auf der breiten oberen Fläche zurücklegen, sie ist also deutlich schief um die Achse gebogen und ebenso ist die Seitenfläche der Rolle, welcher die Fibula anliegt, welche sich im Profile als Sector eines Kreises darstellt, genau genommen ein Stück eines Schraubenganges, der am linken Fusse rechts gewunden (läotrop ist). Beide Unterschenkelknochen entfernen sich bei ihrer gemeinsamen Drehung um die quere Achse des Talus ein wenig von einander, wenn sie auf den vorderen breiteren Theil derselben kommen, und legen sich fester aneinander, wenn sie den hinteren etwas schmaleren zwischen sich fassen. Dies sieht man deutlich, wenn man sie dicht über dem Gelenke horizontal durchsägt und nun hin und her bewegt. Man kann es auch an einem unversehrten Unterschenkel klar machen, den man auf den Kopf stellt, so dass der Fuss der Schwere nach gegen die Vorderfläche der Tibia herabsinkt. Drückt man nämlich nun die unteren Enden der beiden Unterschenkelknochen fest gegeneinander, so erhebt sich die Fussspitze, weil die Talusrolle wie ein glatter Keil mit ihrem vorderen dickeren Ende zwischen den aneinander gepressten Knöcheln herausgleitet und sich um dies zu können um ihre Achse drehen muss. Ebenso fühlt man sie deutlich hervortreten, wenn man im Leben diese Drehung macht. Namentlich tritt die vordere Ecke, an der der laterale Rand abbricht und frei vorsteht, weil der Taluskopf hier nicht gleich anstösst, unter der Spalte zwischen den beiden Unterschenkelknochen heraus, welche sich dann dicht zusammenlegt, aber

Fig. 62.



mehr auseinander drängt, wenn der Talus durch die Erhebung des Fusses gegen den Unterschenkel wieder mit dem breiten Vordertheile ganz zwischen sie eingeschoben wird.

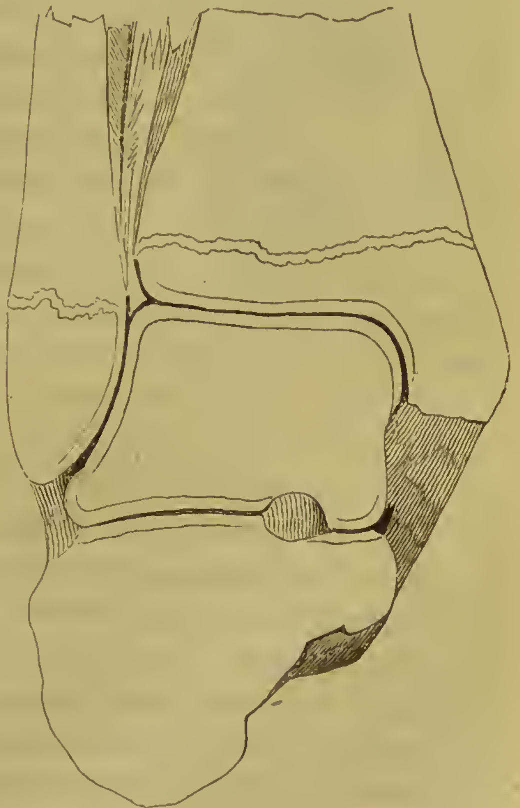
Die Differenz in der Bewegung der Tibia und der Fibula bedingt natürlich eine Bewegung zwischen ihnen beiden und muss, wo sie direct in Contact stehen, durch eine ihr entsprechende Verschiebung desselben ausgeglichen werden. Ein solcher findet nur an dem oberen Ende beider dicht unter dem Knie statt, wo das Capitulum der Fibula der unteren Fläche des sie überragenden Randes der Tibia in einer beinahe horizontalen glatten Contactspalte anliegt (die zuweilen durch den Schleimbeutel unter dem M. poplitaeus mit dem Kniegelenke communicirt). Hier genügt natürlich eine sehr geringfügige Verschiebung um das Auseinanderweichen der unteren Enden beider Knochen zu bewirken. Es lässt sich dieselbe zuweilen auf eine der zwischen Radius und Ulna ähnliche Drehung um eine annähernd senkrechte Achse zurückführen, welche durch das vordere Ende des Contactes, aber weit hinter dem unteren Ende beider Knochen heruntergeht, so dass, wenn diese sich voneinander entfernen, das Capitulum fibulae sich der Tibia vielmehr etwas dichter anlegt. Doch ist dies gar nicht immer nachzuweisen und es kommt auch darauf so wenig an, dass selbst wenn dies Gelenkchen ganz steif wäre, das Auseinanderweichen beider Knochen neben der Drehung des Sprunggelenks doch allein von der Elasticität des langen dünnen Schaftes der Fibula hinreichend ausgeglichen und so die Bewegung des Fusses auch ausführbar sein würde.

Der Spielraum der Bewegung zwischen Unterschenkel und Sprungbein beträgt, wo er gut ausgebildet ist, nahezu einen rechten Winkel. Er ist nach beiden Seiten durch Anstossen von Rändern der Tibia an vorspringenden Stellen des Talus geschlossen. Am deutlichsten ist dies am hinteren Ende der Rolle desselben, wo der aus ihr vorspringende hintere Rand des Talus, der hier allein das obere und untere Gelenk voneinander trennt, die Tibia bei der vollen Beugung (Plantarflexion) aufnimmt (Vgl. o. Fig. 61). Gleichwohl ist hier der Schluss der Bewegung nicht immer ein ganz plötzlicher, sondern die Tibia wird häufig um die hintere abgerundete Ecke der medialen Kante der Talusrolle herum, und auf der glatten Fläche des ihren Fortschritt zu weiterer Drehung um die Querachse aufhaltenden Fortsatzes entlang, noch ein wenig um eine senkrechte Achse gedreht, ehe sie vollkommen still steht,

wobei natürlich der grösste Theil ihres Contactes mit der Rolle des Talus ein wenig zum Klaffen kommt. Dann schliesst die Beugung (Plantarflexion), wie die Streckung im Kniegelenk, mit etwas Drehung der Fussspitze nach der Seite. Am vorderen Rande der Talusrolle kommt es nicht ganz zu einem ähnlichen Anstossen der Tibia vor demselben; dagegen wird der vordere Rand ihres Knöchels in der Regel von einem vorgebogenen Ende des medialen Seitenstreifens der Rolle aufgenommen, wenn die Streckung (Dorsalflexion) zu Ende ist. Ausserdem kann in manchen Fällen stärkere Spannung der vorderen Ränder von den zur Seite des Gelenks herabgehenden Bändern die Beugung, der hinteren die Streckung mit beschränken. Für letztere kommt dazu die Spannung der Bänder, welche Tibia und Fibula aneinanderhalten und also das bei ihr nothwendige Auseinandergehen derselben beschränken. Diese Wirkung theilt auch das Lig. talofibulare posticum, welches den Fibulaknöchel gegen die Mitte des hinteren Randes der Talusrolle anhält.

Da der ganze Spielraum der Drehung um die quere Achse nach vorn von dem verlängerten Durchmesser der Tibia liegt, so wäre es dem Wortsinne noch viel natürlicher die Dorsalflexion als Beugung, die Plantarflexion als Streckung zu bezeichnen, wie auch viele thun. Es ist nun aber aus Analogie mit der Hand und den Fingern für den Fuss und die Zehen die umgekehrte Bezeichnung fast allgemein Gebrauch geworden und auch in der der Muskeln durchgeführt. C. Hüter (Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener. Virchow's Arch. Bd. XXV.) leugnet, dass es bei Streckung jemals zu einer absoluten Hemmung des Contacts der Knochen kommt, da Muskeln und Bänder sich immer schon vorher bis zu voller Unnachgiebigkeit spannen. Ich habe es aber in mehreren Fällen deutlich dazu bringen können.

Fig. 63.



Das Gelenk der beiden Knochen des Unterschenkels und des Talus hat eine einfache Synovialhöhle, die sich über der Rolle desselben und zu beiden Seiten zwischen ihr und den Knöcheln herab erstreckt. Sie setzt sich auch ein wenig zwischen Tibia und

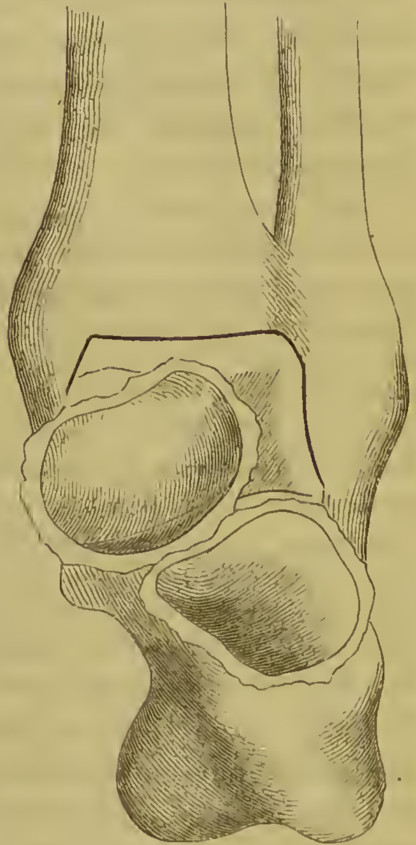
Fibula hinauf fort, wo sie sich bei Streckung voneinander entfernen, bei Beugung aneinanderlegen (Fig. 63). Hier ist eine kleine leicht bewegliche Synovialfalte eingeschaltet, die im ersteren Falle den sich öffnenden Abstand beider Knochen ausfüllt, im letzteren nach unten aus ihm entweicht und dann zwischen der Pfanne der Tibia und einer dreieckigen Abstumpfungsfacette am hinteren Ende des lateralen Randes der Talusrolle Platz findet (vgl. o. Fig. 62). Auf dieser schleift bei der Streckung näheren Stellungen der untere Rand der hinteren Bänder, welche die Spalte zwischen Tibia und Fibula schliessen. Zuweilen zeigt sich von dem der vorderen eine ähnliche, aber viel kleinere Spur am vorderen Ende des lateralen Randes der Rolle, wodurch sein Abweichen nach der Seite etwas weniger deutlich wird. Immer bleibt aber hier zwischen seinem zur Achse schiefen vorderen Verlaufe und dem zu ihr mehr senkrechten Wege, den der laterale Rand der Tibiapfanne über der Talusrolle zurücklegt, ein schmales Dreieck Oberfläche der letzteren, welches von keinem der beiden Unterschenkelknochen und von keinem straffgespannten Bande jemals berührt wird, sondern auf dem nur die erwähnte schlaffe Synovialfalte bei der Streckung näheren Lagen gleitet. Diesem Dreieck entsprechend ist mir ein scharf begrenzter primärer Knorpeldefect vorgekommen und es gehört dies wohl zu den schlagendsten Beispielen dafür, dass dieselben nicht da, wo der meiste, sondern wo der wenigste Gegendruck ist, vorzüglich leicht entstehen. Vorn und hinten liegen grössere schlaffe und fettreiche Synovialfalten dem Gelenke an, die sich abwechselnd über die von der Tibia verlassenen Theile der Talusrolle hinlegen. Die stärkeren Haftbänder gehen nahe der Achse von den Enden beider Knöchel zu den Fusswurzelknochen herab.

§. 65. **Zweites Gelenk.**

Die Verbindung des grossen unbeweglichen Ganzen der Knochen des Fusses mit dem Sprungbeine geschieht am einfachsten durch den Contact des Kahnbeines mit dem nach vorn gerichteten Sprungbeinkopfe. Hier zeigt sich die Bewegung vollständig, die der Fuss allein noch hat, wenn der Talus mit dem Unterschenkel unbeweglich verbunden bleibt. Der Kopf des Talus, soweit er dem Kahnbeine anschliesst, zeigt eine der von einer Kugel nicht sehr verschiedenen pomeranzen- oder anderen walzenförmigen Gelenkflächen

(vgl. oben §. 6. Fig. 7), welche nach zwei Richtungen etwas verschieden stark convex gebogen sind. Die stärkere Biegung geht von oben zu unten, quer zu den längeren Rändern der Gelenkfläche, die schwächere, welcher entlang fast ausschliesslich Verschiebung der Pfanne des Kahnbeines auf ihm geschieht, geht von rechts nach links, entsprechend dem grössten Durchmesser und dem oberen und unteren Rande der Gelenkfläche, aber nicht in horizontalen, sondern in vorwärts geneigten Ebenen. Die Achse des Gelenkkopfes und der Drehung des Fusses am Talus, welche durch die Mittelpunkte eines jeden Kreises dieser Biegung gehen und auf den Ebenen derselben senkrecht stehen muss, ist demnach nach oben und vorn gerichtet. Sie tritt aus der oberen rauhen Fläche des Taluskopfes hervor und macht bei gewöhnlicher aufrechter Stellung des Unterschenkels über dem ruhig aufgesetzten Fusse mit beiden, oder mit der Senkrechten und Horizontalen etwa gleich grosse Winkel (s. oben Figg. 59. 60). Demgemäss dreht sich das Kahnbein und damit der ganze Fuss vor dem Taluskopfe so, dass zugleich seine Spitze der Medianebene genähert und seine Sohlenfläche derselben entgegengekehrt wird, Adduction, oder beides umgekehrt, Abduction. Genau genommen ist das vordere Ende der Achse zugleich ein wenig gegen die Medianebene hingewendet. Denn der tiefste Punkt des Randes oder eines ihm parallelen Kreises auf der Gelenkfläche liegt nicht gerade vor seinem Mittelpunkte, sondern etwas näher dem medialen Ende. Der Fuss müsste demgemäss, wenn er von der gerade nach vorn hin gerichteten Stellung aus adducirt wird, zugleich noch ein wenig im Sinne der Plantar-Flexion um die Querachse gedreht werden. Dies ist aber wenigstens sehr unbedeutend. Der obere Rand des Kahnbeines gleitet nicht ganz rein entlang dem nach der Mitte abschüssigen des Gelenkkopfes, sondern tritt bei Adduction etwas über ihn vor gegen den

Fig. 64.



Tibiaknöchel hin. Der Drehpunkt für den Fuss an der äusseren Oberfläche des Taluskopfes liegt etwa gerade, und auch ziemlich nahe hinter der Mitte des oberen Randes der Gelenkfläche desselben. Die Achse liegt bei gerade nach vorn, oder nur wenig nach der Seite gerichteter Fussspitze in einer rein sagittalen Ebene, die des linken und des rechten Fusses einander parallel. Der Fuss wird von der gerade nach vorn oder nur ganz wenig adducirten Stellung aus bei der Drehung um dieselbe nach beiden Seiten ein wenig gehoben, bei Drehung nach der Mitte mit dem medialen Rande voran, bei Drehung nach der Seite mit dem lateralen.

Die Brüder Weber unterschieden früher eine Drehung des Fusses um seine horizontale Achse (Adduction und Abduction) und um die senkrechte des Unterschenkels (Rotation) und verlegten die eine in dieses Gelenk, die andere, die sie überhaupt sehr gering anschlugen, sollte eine Nebenbewegung zwischen Unterschenkel und Talus sein. Man überzeugt sich aber bei den meisten Füssen sehr leicht, dass keine von beiden rein und einfach ausführbar ist, sondern Drehungen, die dem ähnlich sehen, nur mit Hülfe compensirender Bewegungen in der Hüfte und im Knie zu Stande gebracht werden. Die einfache Bewegung zwischen Talus und Fuss enthält immer beides und demnach stimmen auch die Angaben der neueren Untersuchungen (von Meyer, Langer und mir) über ihre schiefe Richtung von hinten und unten nach vorn und oben wesentlich überein und differiren nur etwas in Bezug auf die zuletzt erwähnte geringe Neigung des oberen vorderen Endes gegen die Medianebene hin. Es kommen, wie es scheint, auch ziemlich bedeutende individuelle Verschiedenheiten vor, namentlich auch in der Stärke der Neigung gegen den Horizont.

Man kann sich an jedem Fusse die Lage und Richtung dieser Achse ziemlich genau zur Anschauung bringen, wenn man ihn im Ganzen festhält, den Talus auf ihm bewegt, die Stelle auf der Oberfläche seines Kopfes aufsucht, die dabei stillsteht und hier einen Stift einsteckt, den man in seiner Richtung nach vorn und oben so lange etwas hin und her biegt, bis er bei der Bewegung auch ziemlich still steht. Das Gleiten des Schiffbeines vor dem Kopfe des Talus ist leicht zu erkennen, da das laterale Ende des Letzteren bei Adduction ganz blos zu liegen kommt, bei Abduction verdeckt ist (vgl. Taf. VII. Fig. 1. a. b.). Der Spielraum dieser Drehung ist individuell sehr verschieden, aber immer geringer als der des ersten Gelenks. Man sollte ihn noch geringer vermuthen, nach der Differenz der Länge von Kopf und Pfanne. Nach der Seite (zur Abduction) gehen auch ihre Ränder nicht übereinander, nach der Mitte (zur Adduction) oft nicht wenig. Ein Anstossen an denselben und Hemmung übermässiger Bewegung dadurch findet nach keiner Seite hin Statt.

Das Fersenbein hat gegen das Sprungbein eine ganz ähnliche Beweglichkeit wie das Schiffbein und mit ihm der ganze übrige Fuss, nur in etwas beschränktem Masse. Es kann sich auch mit seinem vorderen Ende etwas nach der Mitte oder nach der Seite drehen und zugleich wird dann seine Seitenfläche etwas mehr nach unten oder nach oben gewendet. Es dreht sich also auch um eine schief von hinten und unten nach vorn und oben gerichtete Achse und zwar, soweit man sehen kann, um dieselbe, wie das Schiffbein. Wenn man diese von ihrer Austrittsstelle aus der Dorsalfläche des Sprungbeinkopfes rückwärts in die Fusswurzel hinein verfolgt, so geht sie durch das Sprungbein in das Fersenbein und zwar durch das mediale Ende des Sinus tarsi, der Spalte, die von der Seite und vorn nach der Mitte und hinten zwischen beiden Knochen durchgeht und ihren doppelten genauen Contact in dem grösseren hinteren und dem kleineren vorderen Gelenke voneinander trennt (vgl. ob. Figg. 59. 60). Hier liegt nun auch die Stelle, wo sie über einander still stehen, während die von da nach vorn gelegenen Punkte des einen, wenn der andere still steht, nach der Mitte gehen können und zugleich die nach hinten gelegenen nach der Seite, oder umgekehrt. Die Achse der Bewegung lässt sich daher in ganz gleicher Weise durch Einstecken eines Stiftes in den Sprungbeinkopf bestimmen, wenn man das Fersenbein, als wenn man den vorderen Theil des Fusses festhält und den Talus bewegt. Dem entspricht die Gestaltung der Contactflächen, wenn sie überhaupt deutlich erkennbar sind. Die grössere hintere Fläche des Fersenbeines, auf die der Körper des Sprungbeines passt, erscheint dann einem flachen Kegel ähnlich, dessen Spitze, um welche sich der Talus auf ihm drehen kann, dicht neben der Durchtrittsstelle der Achse am medialen Ende des Sinus tarsi hervortritt (Vgl. Taf. VII. Fig. 2). Sein vorderer Rand tritt unter dem Taluskörper hervor bei Adduction (vgl. Taf. VII. Fig. 1, 2). Die vorderen kleinen Gelenkflächen zwischen beiden Knochen sind bald mehr eben, bald am Calcaneus ein wenig ausgehöhlt, aber immer so, dass sie derselben Drehung folgen.

Diese Drehung des Fersenbeines am Sprungbeine ist immer kleiner als die des Schiffbeines, mit der sie stets zugleich erfolgt. Der Ausschlag am vorderen Ende des Knochens ist zwar der Länge nach grösser als an den dem Sprungbeinkopfe anliegenden Rändern des Schiffbeines. Diese sind aber auch der Achse viel näher. Der Winkelausschlag der Drehung ist für das Fersenbein immer

geringer; es bleibt hinter dem übrigen Fusse zurück. In diesem kleineren Spielraume ist seine Bewegung auch durch eine entschiedenere Hemmung eingeschlossen. Bei Abduction kommt die Dorsalfläche des Processus anterior calcanei gegen die Vorderfläche des freien lateralen Theiles vom Sprungbeinkörper (neben seinem Kopfe, vor dem Fibulaknöchel), der zuweilen ein Stück von der Gelenkfläche herauf noch überknorpelt ist, anzuliegen (vgl. ob. Fig. 59). Bei Adduction stösst ebenso entschieden das hintere Ende des Sustentaculum tali, des Fortsatzes vom Fersenbeine, der die kleinen vorderen Gelenkflächen für das Sprungbein trägt, gegen das hintere mediale Ende vom Körper des letzteren. Dazu kommen oft grosse Stücke der Gelenkflächen selbst, die nur bei gewissen Stellungen in festen Contact kommen, und dann die Fortsetzung der Bewegung, wodurch sie dahin gekommen sind, hemmen. Dies gilt namentlich gewöhnlich von der hinteren medialen Parthie der grossen Gelenkfläche, die vom Sprungbein herab so stark nach unten umgebogen ist, dass sie bei Bewegung des Calcaneus unter ihr nach vorn und der Seite, d. h., da sie hinter der Achse liegt; bei Adduction, sogleich klafft, und nur bei voller Abduction aufschliesst. Zuweilen verhält sich der grösste Theil der hinteren Gelenkflächen beider Knochen so und zeigt dann auch keine ihrer Drehung übereinander entsprechende Biegung. Dies schliesst aber nicht aus, dass sich der normale Bewegungsmodus doch an ihnen erkennen lässt, solange nur die Gelenkflächen beider Knochen durch die starken Bänder im Sinus tarsi, oder auch künstlich normal aufeinander gedrückt sind. Die gleitende Bewegung wird dann immer noch von schmalen in congruentem Contacte schleifenden Rändern derselben vermittelt.

Soweit das Fersenbein die Bewegung des übrigen Fusses gegen das Sprungbein nicht theilt, muss sie der Fuss auch gegen das Fersenbein haben. Dies erfolgt in der Verbindung des Würfelbeines mit dem Processus anterior des Fersenbeines. Die Gelenkfläche des letzteren, die dicht neben der des Sprungbeinkopfes nach unten und der Seite von ihr liegt, ist auch ganz ähnlich wie er um dieselbe Achse gebogen (vgl. ob. Fig. 64) von der Seite nach der Mitte und etwas abwärts, da sie ganz nach unten und der Seite von der gemeinsamen Achse liegt. Nur die zweite Biegung, senkrecht zu dieser ist nicht ähnlich der des Sprungbeinkopfes, sondern in der Regel vielmehr etwas concav, also die ganze Fläche etwa sattelförmig. Auch hier entspricht aber die Bewegung

fast nur der ersten, der am Fersenbein convexen Biegung. Das Würfelbein gleitet vor ihm abwärts und nach der Mitte, gegen das Sustentaculum tali und unter den Kopf des Sprungbeines hinein, mit der medialen Spitze seiner Gelenkfläche voran, oder aufwärts und nach der Seite gegen den Dorsalrand der Gelenkfläche des Fersenbeines hin (vgl. Taf. VII. Fig. 1 a. b.). Es legt dabei einen etwa ebenso langen Weg vor der Gelenkfläche des Fersenbeines zurück, wie neben ihm das Schiffbein vor der des Sprungbeinkopfes. Dies entspricht aber, wie die Bewegung des vorderen Endes des Fersenbeines einer kleineren Winkelgrösse der Drehung um die gemeinsame Achse, da dasselbe viel weiter von ihr entfernt ist, hier also jede Drehung um sie in weiterem Kreise geschieht, als dicht vor dem Gelenkkopfe, in welchem sie liegt. Das Würfelbein stösst am Ende der Bewegung an den Rändern der Gelenkfläche des Fersenbeins, wie das Schiffbein an denen des Sprungbeines in der Regel nicht an.

Ausnahmsweise hat es auch eine zweite von der des Schiffbeins und Fersenbeins mehr unabhängige Bewegung um eine horizontale durch das mediale Ende seiner hinteren Gelenkfläche (die bei der normalen Bewegung zur Adduction vorangeht) verlaufende Achse, woneben dann zugleich die Keilbeine vor dem Schiffbeine etwas auf und ab gleiten. Fälle dieser Art mögen H. Meyer veranlasst haben, zwischen Talus und Fuss ausser der Bewegung um die schiefe Achse, welche das Fersenbein theilt, eine zweite um die horizontale Längsachse des Fusses anzunehmen, und das Gelenk des Würfelbeines mit dem Fersenbein zum Sitze dieser (mittleres Fussgelenk) zu rechnen. Seine Hauptfunction ist aber immer die eben entwickelte Theilnahme an der Drehung um dieselbe schiefe Achse wie das Fersen- und Schiffbein. Die andere ist nur eine kleine Nebenbewegung und ebenso in der Regel gar nicht bemerkbar, wie die Beweglichkeit der Keilbeine gegen das Schiffbein.

Die gleichzeitige Drehung des Fersenbeins gegen das Sprungbein und des Würfelbeins vor dem Processus anterior des Fersenbeins kommen zusammen der des Schiffbeins gegen das Sprungbein gleich, sodass also das Würfelbein und der ganze übrige vordere Theil des Fusses dem Schiffbeine in der oben bezeichneten Bewegung folgen, das Fersenbein aber zwar auch daran Antheil nimmt, aber gegen den übrigen Fuss zurück bleibt. Es tritt mit seinem vorderen Ende bei der Adduction etwas mehr unter dem Kopfe des Sprungbeins nach der Mitte, bei Abduction etwas mehr neben ihm hervor nach der Seite und wird mit seiner Sohlenaushöhlung bei Adduction der des anderen Fusses etwas mehr entgegen gestellt, bei Abduction etwas abgewendet. Zugleich wird aber doch der Fussrücken vor seinem vorderen Ende wie vor dem des Sprungbeines etwas geknickt, bei Abduction nach dem Dorsum

(vgl. Taf. VII. Figg. 1, 2), und in der Fusssohle die Aushöhlung zwischen Ferse und Mittelfuss bei Adduction etwas vermehrt, bei Abduction entsprechend abgeflacht.

Bei Balletänzern, bei denen die Beweglichkeit des Fusses gegen den Talus nach beiden Seiten übermässig ausgebildet ist, erscheint derselbe in der Adduction wie zu einem runden Klumpen zusammengeballt, in der Abduction ganz abgeplattet.

Der Grund der beständigen Gleichzeitigkeit der drei Bewegungen zwischen Talus und Fuss; Talus und Calcaneus, Calcaneus und Fuss scheint in kleinen Differenzen zwischen ihnen ausser der Grösse des Ausschlags, welche sich compensiren müssen, zu bestehen. Es verbindet sich mit der Drehung des Fersenbeins um die schiefe Achse im Sprungbeine etwas Vorrücken gegen ihr oberes Ende bei Adduction, sodass sie also genau genommen eine am linken Fusse linksgewundene Schraubenbewegung ist, und das Würfelbein rückt dann dagegen bei der gleichen Drehung um die Achse vor dem Processus anterior etwas gegen das untere Ende der Achse, also in einer am linken Fusse rechtsgewundenen Schraubenbewegung, wodurch eine mit dem Schiffbeine parallele reine Drehung um die Achse heraus kommt, und nur in der Combination herauskommen kann. In anderen Fällen scheint auch das Schiffbein vor dem Sprungbeinkopfe etwas schief in demselben Sinne wie das Würfelbein vor dem Fersenbeine bei Adduction gegen das untere Ende der Achse gedreht zu werden und das Fersenbein dann entsprechend wenig oder gar nicht umgekehrt. Desgleichen kommen auch kleine Abweichungen von einer Drehung aller drei Gelenke um ihre gemeinsame Achse anderer Art vor, die sich als Vorrücken oder Abrücken des einen oder anderen Knochens zu und von ihr oder kleine Differenzen ihrer Lage für das eine oder andere Gelenk bezeichnen liessen. Das Gemeinsame bleibt für alle diese kleinen Abweichungen von der einfachen, allen drei Gelenken gemeinsamen Achsendrehung, dass sie sich, wenn dieselbe in allen dreien gemeinsam geschieht, compensiren, und dass dieselbe also, damit sie dies thun können, immer gemeinsam geschehen muss.

Die näheren Bestimmungen, die Langer und ich für diese Abweichungen von dem einfachen Schema der Drehung um eine gemeinsame Achse zu geben versucht haben, als Schrauben gleicher oder ungleicher Windungsrichtung, als spiralige Drehung um die Achse, oder verschiedene Lage von zwei Achsen sind offenbar unnöthig künstlich, da in der Art, wie sie zusammenwirken, individuelle Verschiedenheiten vorkommen und keine Incongruenzen, Hülfsbewegungen der vorderen Amphiarthrosen u. dgl. mitwirken. Interessant ist aber, dass bei Thieren, deren Fuss in diesem Gelenke mehr als beim

Menschen drehbar ist (kletternde Säugethiere, Affen, Nasua) auch die oben als die gewöhnlichste von diesen Nebenverschiebungen angegebene Verschiebung des Fersenbeins gegen das obere Ende der Achse bei Adduction, also Schraube zwischen ihm und dem Sprungbeine sehr stark und deutlich zu erkennen ist.

Die Gemeinsamkeit der drei zu der Abduction und Adduction des Fusses zusammenwirkenden Einzelbewegungen ist auch mit eine Bedingung für die vollständige Hemmung derselben an ihren Grenzen. Denn an und für sich ist dieselbe eine absolute durch Anstossen von Knochenstellen, wie schon angegeben, nur für das Fersenbein. Dieses ist daneben nur in der Nähe der Achse, im Sinus tarsi, durch starke kurze Bänder, welche die normale Drehung nicht hemmen, an das Sprungbein geheftet. Die beiden anderen Gelenke haben an sich keine absolute Hemmung, aber in ihnen ist der Schluss der Abduction durch sehr starke Bänder unterstützt, welche die unteren Ränder des Schiff- und Würfelbeines und den medialen des ersteren gegen das Fersenbein und den medialen Knöchel festhalten (Ligg. calcaneonaviculare, calcaneocuboideum u. s. w.). Zumal die starke Bandkappe die den Sprungbeinkopf, wo er zwischen Sustentaculum tali und Schiffbein blosliegt, aber auch glatt überknorpelt ist, umfasst (vgl. o. Fig. 60), gedeckt von der Sehne des M. tibialis posticus, hemmt sein übermässiges Vordrängen zwischen diesen Knochen, wenn das Schiffbein vor ihm nach der Seite geht, und das Fersenbein nicht mehr folgen kann. Daher ist auch die Abduction etwas beschränkt bei voller Beugung (Plantarflexion) im ersten Gelenke, weil dann der vordere Theil dieser Kappe vom Knöchel herab schon etwas gespannt ist.

Den drei Articulationen dieses Gelenks entsprechen auch drei Synovialhöhlen, aber nicht einfach ausschliesslich einer jeden eine; sondern zwischen Sprungbein und Fersenbein ist der Contact der grösseren hinteren Gelenkflächen (hinteres Sprungbeingelenk) durch die starken Bänder im Sinus tarsi von dem der kleinen vorderen ganz getrennt. Der letztere communicirt mit dem zwischen Sprungbein und Schiffbein (vorderes Sprungbeingelenk), indem die glatten Flächen des Sprungbeinkopfes für beide an seiner unteren Fläche ununterbrochen zusammenhängen und das starke Band zwischen den beiden anderen Knochen mit beiden gleichsam die Pfanne ergänzt. Indessen ist doch gegenüber diesem weicheren Contact ein gewöhnlicher Sitz primärer Knorpeldefecte, wodurch dann zwar nicht beide Synovialhöhlen, aber beide Articulationsflächen des Sprung-

beins von einander getrennt werden. Hinter dem Würfelbeine ist eine einfache Gelenkhöhle, von der vorigen durch die Anheftung der Kapsel beider am Fersenbeinrande zwischen Sustentaculum tali und Processus anterior geschieden.

Diese Anheftung der beiden Kapseln, wo sie zusammenstossen, fand ich einmal unvollständig, also die beiden Gelenke der Chopart'schen Linie communicirend.

§. 66. Luxationen der Fusswurzel.

Die beiden nahe benachbarten Gelenke des Talus, mit dem Unterschenkel und mit dem Fusse erleiden, wenn ihr Zusammenhang gelöst wird, jedes für sich Luxationen, die wegen der geringen Entfernung der beiden Trennungsstellen, zwischen Unterschenkel und Fuss, über und unter dem Talus einander sehr ähnlich sehn, und auch häufig gleichzeitig miteinander vorkommen. Abgesehen von den Schwierigkeiten, die sie deshalb der Diagnose und Behandlung bieten, stellen sie ein sehr einfaches Beispiel leicht verständlicher Entstehungsweise dar. Sie kommen nämlich alle durch Aufklaffen des Contacts nach Anstemmung der Ränder desselben am Ende der normalen Drehung oder seitwärts von der Bahn derselben zu Stande.

I. Luxationen des ersten Gelenks können durch übermässige Beugung und Streckung, oder durch Knickung zwischen Unterschenkel und Talus über den Rand, nach der Seite entstehen.

Bei übermässiger Beugung (Plantarflexion) stösst der hintere Rand der Tibia auf dem des Talus auf und es kommt zum Klaffen des Gelenks nach vorn. Ist dies soweit gediehen, dass die Pfanne der Tibia der Rolle des Talus nicht mehr gegenüber steht, so kann ihr hinterer Rand über dieselbe weg nach vorn geschoben werden und sich auf der Dorsalfläche des Taluskopfes festsetzen. Es entsteht die Luxation des ganzen Fusses vom Unterschenkel nach hinten.

Bei übermässiger Streckung (Dorsalflexion) stösst die Tibia am Talus vorn an und sie klaffen nach hinten voneinander. Es kann dann der vordere Rand der Pfanne über den Kopf hin nach hinten gestossen werden und sich auf der Ferse festsetzen. Es entsteht die Luxation des ganzen Fusses vom Unterschenkel nach vorn.

Wird der Talus unter dem Unterschenkel um eine sagittale Achse gedreht mit dem lateralen Fussrande nach unten, so muss sofort der mediale Knöchel fester gegen ihn angestemmt, der

laterale Rand der Tibia mit der Fibula von ihm abklaffen. Der Abstand beider Unterschenkelknochen muss dabei sofort grösser werden, weil sich der Frontalschnitt des Talus (vgl. ob. Fig. 63) statt mit dem queren nun mit dem schiefen, diagonalen Durchmesser zwischen sie stellt. Es werden also mindestens die Bänder vor und hinter der Spalte zwischen ihnen zerrissen, was vielleicht die häufigst vorkommende aller Verletzungen an den Gelenken ist, oder es kann auch gleich der Fibulaknöchel abbrechen. Dieser Grad von Klaffen ist sehr oft dagewesen, wenn es auch nachher gleich wieder zuklappt und also keine Luxation zu Stande kommt, die Knochen in normaler Stellung angetroffen werden und die zerrissenen Bänder, oder der gebrochene Knöchel zeigen, dass eine Aufhebung des normalen Schlusses der Gelenkflächen Statt gefunden hat. Kommt es wirklich zur Dislocation, so ist das Bild nicht mehr so rein, weil dann immer Fracturen der Unterschenkelknochen dazu kommen, der Tibia durch den Druck der Anstemmung gegen ihren Knöchel, oder der Fibula durch die Knickung über dem Rande der Talusrolle. Ganz ähnlich verhält es sich bei der Knickung nach der anderen Seite, nur dass die Befestigung der Tibia am Talus zuerst mehr Widerstand leistet, die Fibula aber, wenn er überwunden wird, dann noch unvermeidlicher gleich zerbricht.

Eine fünfte sehr seltene Art von Aufhebung des Contactes der Talusrolle mit dem Unterschenkel kann durch Drehung des Fusses um eine senkrechte Achse erfolgen. Geht die Fussspitze nach der Seite, so klafft die mediale Seitenfläche des Talus von der Innenfläche des Tibiaknöchels ab, bis dieser um ihr hinteres stumpfes Ende herum auf den hinteren Abhang der Rolle gleitet. Die laterale aber treibt das Ende der Fibula vor sich her nach hinten. Es muss abbrechen.

II. Luxationen des zweiten Gelenkes können durch übermässige Adduction und Abduction, oder durch Knickung zwischen dem Unterschenkel mit dem Talus und dem übrigen Fusse nach hinten oder vorn entstehen.

Bei übermässiger Adduction stösst der Talus mit der hinteren medialen Ecke seines Körpers an den hinteren Rand des Sustentaculum, wird auf der Seite vom Calcaneus abgehoben und so kann denn auch sein medialer Rand über ihn hin nach der Seite verschoben werden. Es entsteht die Luxation des Fusses vom Talus nach der Mitte.

Bei übermässiger Abduction stösst der Talus mit der vorderen lateralen Ecke seines Körpers an die Dorsalfläche des Processus anterior calcanei, sie klaffen nach der Mitte und der Talus kann mit dem Unterschenkel nach der Mitte mehr oder weniger über den Calcaneus hingleiten. Es entsteht die Luxation des Fusses vom Talus nach der Seite.

Durch Biegung des Fusses nach vorn und des Unterschenkels nach hinten herunter kann der hintere Rand des Talus gegen den Calcaneus gestemmt, sein Kopf vorn hinter dem Schiffbeine in die Höhe gehoben, darüber hinaus nach vorn gestossen werden. Es entsteht Luxation des Fusses vom Talus nach hinten.

Durch Biegung des Unterschenkels und des Fussrückens gegeneinander hin kann der Taluskopf vorn niedergedrückt, der Körper hinten vom Calcaneus abgehoben und dann auch nach hinten verschoben werden. Es entsteht Luxation des Fusses vom Talus nach vorn.

Die letzten beiden Fälle gehören zu den allergrössten Seltenheiten, weil in der Regel dieselbe gegenseitige Biegung von Unterschenkel und Fuss gegeneinander viel leichter durch übermässige Beugung und Streckung zu den Luxationen des Fusses mit dem Talus vom Unterschenkel nach hinten oder vorn führt.

III. Luxationen beider Gelenke zugleich, gewöhnlich complete Luxationen des Sprungbeines genannt, weil dasselbe dann aus allen seinen Verbindungen gelöst ist, muss man sich entstanden denken aus einer gleichzeitigen des ersten Gelenks nach hinten oder vorn durch übermässige Beugung (Plantarflexion) oder Streckung und des zweiten nach der Seite oder Mitte durch übermässige Abduction oder Adduction. Beides kann sehr wohl zugleich geschehen, wenn der Fuss schnell zugleich vor oder zurück und nach der Seite oder Mitte umschlägt. Es wird zugleich der Talus von der Tibia und der Fuss vom Talus gelöst und wenn dann Unterschenkel und Fuss nachträglich wieder in eine annähernd normale Stellung kommen, indem sich die Tibia anstatt des Talus auf dem Calcaneus festsetzt, so scheint im Ganzen wenig verändert und nur der eine kleine Knochen zwischen den anderen herausgeschlüpft; und doch sind alle Contacte der beiden Fussgelenke gelöst und viele starke Bänder gesprengt.

Diese Luxation ist viel öfter angenommen als wirklich vorgekommen, weil man sonderbarer Weise immer das Sprungbein als ganz luxirt anzusehen pflegt, wenn es über den übrigen Fusswurzelknochen abnorm vorspringt, obgleich doch sehr leicht zu

constatiren ist, wenn es daneben von den Knöcheln noch normal umfasst wird, also das erste Gelenk nicht luxirt ist. Dieser Irrthum findet sich noch in ganz neuen Beschreibungen einzelner Fälle, wo er aus den näheren Angaben selbst zu erkennen ist. Oft wird auch das Vortreten der Rolle des Talus vor der Tibia als Beweis seiner Luxation aus der Umfassung durch die Gabel der Knöchel angeführt, während diese Entblössung eines Theils der Gelenkfläche ganz normal bei jeder starken Beugung (Plantarflexion) zu fühlen ist. Wegen der näheren experimentellen und casuistischen Begründung der angegebenen Mechanismen muss ich auf meine ausführlichere Darstellung verweisen (die Luxationen der Fusswurzel. Zeitschr. f. rationelle Medicin. III. Reihe II. Bd. Beiläufig will ich einen Fehler berichtigen der gerade die einzige dort zuerst beschriebene Beobachtung von Baum unklar macht. Es muss S. 183 heissen, dass er eine Luxation durch Rotation des Talus um seinen senkrechten Durchmesser, der von Huguier beschriebenen ähnlich gesehen und reponirt hat).

§. 67. Contracturen der Fussgelenke.

(Vgl. Taf. VIII. IX.)

Die beiden Fussgelenke erleiden jedes für sich, wie durch plötzliche Gewalteinwirkung in gewissen Richtungen gewisse Luxationen, so durch allmälige gewisse Contracturen. Es besteht nur der Unterschied, da dieselbe Wirkung von Kräften in ungewöhnlicher Richtung oder Grösse, wenn sie anhaltend Statt findet, immer beide zugleich trifft, dass auch in beiden zugleich Veränderungen erfolgen, also immer gleichzeitige Contracturen beider entstehen. Nichtsdestoweniger lassen sich auch in diesen stets die einfachen jedes einzelnen als neben einander bestehend unterscheiden, und diese einfachen sind die reinen anatomischen Elemente jener complicirten Veränderungen. Sie lassen sich in eine leicht verständliche Uebersicht bringen, aus der die Bedingungen der Entstehung jeder einzelnen hervorgehen. Die wirklich vorkommenden Combinationen derselben lassen sich dann leicht zusammenstellen. Die Beispiele für die einfachen müssen natürlich immer schon im Voraus aus ihnen genommen werden.

I. Contracturen des ersten Gelenks beruhen immer nur auf einem Vorwiegen der Beugung (Plantarflexion) oder Streckung (Dorsalflexion).

Bei vorwiegender oder übermässiger Beugung (Plantarflexion), Pes flexus steht die Sprungbeinrolle mehr oder immer mit ihrem hinteren schmaleren Theile zwischen den Knöcheln. Der vordere breite tritt vor der Tibia heraus. Die unteren Enden der Unter-

schenkelknochen liegen dicht aneinander. Der Taluskopf sieht bei aufrechtstehender Tibia mehr nach unten als nach vorn (Vergl. Figg. 3. 5. 10. 17). Die Veranlassung ist meistens der überwiegende Zug der hinteren sehr starken Muskeln des Unterschenkels, der normaler Weise beständig den ganzen Körper nach hinten gegen die Ferse festhalten muss, da sein Schwerpunkt immer weiter nach vorn als die Achse der Talusrolle getragen wird, und sobald die Gegenwirkung der Schwere des Körpers bei gerade aufgesetztem Fusse zur Streckung wegfällt, ihre schwachen Antagonisten weit überwiegen. Fixirt wird dann die nach vorn gedrehte Stellung der Talusrolle mehr und mehr durch die festere Anlagerung der Tibia und Fibula aneinander. Nach und nach verändert sich die Form der Talusrolle. Der hintere Rand der Tibiapfanne drückt beständig gegen ihr hinteres Ende und drückt es allmälig ein. Der ganze hintere Rand des Knochens, der das Knöchelgelenk vom hinteren Sprungbeingelenk trennt, wird verdünnt, zuletzt ganz zum Schwinden gebracht, so dass die beiden Gelenkhöhlen über und unter ihm nur noch durch ein an seiner Stelle übrigbleibendes fibröses Blatt getrennt sind (Vgl. Fig. 5). Das vordere Ende der Hälfte der Rolle, die noch mit der Tibia in Contact bleibt, ist in einem vorspringenden Winkel von der von ihr ganz verlassenen zurückgeknickt. Letztere verliert ihre glattüberknorpelte Beschaffenheit, wird nach und nach zu einer rauhen Knochenoberfläche, in der sich die Dorsalfläche des Taluskopfes einfach bis über den grössten Theil seines Körpers hin rückwärts fortsetzt. Wenn sich diese Stellung schon vor der Geburt ausbildet, entsteht überhaupt nur eine einfache fast ebene Gelenkfläche für die Tibia auf dem Taluskörper, die seinem Kopfe gerade gegenüber steht, fast gerade senkrecht gegen die Ferse herabgerichtet, also bei normaler Fussstellung nach hinten sehn würde. Da sie aber vielmehr gerade nach oben gegen die Tibia ansteht, sieht nun der Taluskopf gerade nach unten (Vgl. Fig. 3). Diese Art abnormer Stellung des ersten Gelenks ist von allen einfachen die häufigste, indem sie nicht nur bei der Spitzfussstellung, in der sie sich am reinsten ausspricht, sondern auch bei allen Klumpfüssen und erworbenen Plattfüssen, also bei den allergewöhnlichsten Fussverkrümmungen mit vorliegt.

Bei vorwiegender oder übermässiger Streckung (Dorsalflexion), Pes extensus steht die Sprungbeinrolle mehr oder immer mit ihrem vorderen breiteren Theile zwischen den Knöcheln, der Kopf sieht

nach vorn und oben. Dies kann nur durch starke Andrängung des Fussrückens gegen die Tibia bei mangelnder Gegenwirkung der starken hinteren Muskeln erfolgen. Es führt auch nie zu so bedeutenden Veränderungen wie das Gegentheil. Dabei kommt es allmällig zur Berührung des vorderen Randes der Tibia und der Dorsalfläche des Taluskopfes und hier entsteht ein kleiner Eindruck (Vgl. Fig. 12. 14).

II. Contracturen des zweiten Gelenks beruhen theils auf einem Vorwiegen der Adduction oder Abduction, theils auf einer abnormen Andrängung der Contactflächen gegen ihren oberen und unteren Rand.

Bei vorwiegender oder übermässiger Adduction, Pes adductus steht das Schiffbein mehr oder ganz am medialen Ende auf der Gelenkfläche des Taluskopfes. Ebenso das Würfelbein auf der des Processus anterior calcanei (Vgl. Fig. 4. 6). Das Fersenbein selbst ist ebenfalls mit diesem seinen vorderen Ende nach der Mitte gewendet. Veranlasst wird die übermässige Adduction wie die Beugung (Plantarflexion) durch die Wirkung des Muskels, der sie bewirkt und seinen Antagonisten überlegen ist, des M. tibialis posticus bei fehlender Gegenwirkung der Schwere, die den medialen Fussrand bei gerade aufgesetztem Fusse nieder und damit zugleich die Fussspitze nach der Seite gedrängt erhält, verstärkt durch das entgegengesetzte Herumdrücken durch die Schwere, wenn einmal der Fuss auf den lateralen Rand zu stehen gekommen ist. Das Fersenbein kommt zuerst zu einer festen Lage, über die es nicht mehr hinaus geht, indem es, wie oben ausgeführt, mit dem hinteren Rande des Sustentaculum tali an der hinteren unteren Ecke des Sprungbeinkörpers anstösst. An dieser Stelle schreitet dann die Dislocation nur noch durch die allmälige Formveränderung der aneinandergedrückten Stellen fort. Das Sustentaculum tali schwindet und die Kegelspitze der grossen Gelenkfläche am medialen Ende des Sinus tarsi rückt auf Kosten desselben nach vorn und tritt spitzer hervor durch die neben ihr herunter verstärkte Biegung, über der der Talus stärker herumgedrängt ist (Vgl. Fig. 8). Aehnlich werden nach und nach auch die Gelenkflächen an der Hinterseite des Schiff- und Würfelbeines immer mehr am medialen Ende fest an und weggedrückt, so dass sie mehr und mehr nach der Mitte hin sehen (Figg. 6. 7. 8. 9). Der Eindruck des medialen Endes wird dann vom angrenzenden Knochen überragt und hier kommt es dann auch zum Anstossen. Bei Neuge-

borenen tritt dies am Kopfe des Sprungbeines nicht ein, weil er, wenn das Schiffbein von vorn nicht mehr so dagegen gedrückt wird, ausserdem sehr stark vorwächst. Letzteres kann dann über ihn hin gleiten, kommt aber zum Anstossen am Knöchel der Tibia, in Folge dessen sie beide defect werden (Fig. 4). Gleichwohl kommt der ganze vordere Fuss viel weiter herum als das Fersenbein; dasselbe verhält sich also noch viel entschiedener als beim normalen Masse der Adduction als mit dem Talus weniger beweglich verbunden. Die Knickung zwischen ihm und dem Mittelfusse wird ausserordentlich vermehrt.

Bei vorwiegender oder übermässiger Abduction, Pes abductus steht das Schiffbein mehr oder ganz am lateralen Ende auf der Gelenkfläche des Sprungbeinkopfes. Ebenso das Würfelbein auf der des Processus anterior calcanei. Dieser selbst ist auch möglichst nach der Seite gerichtet (Vgl. Fig. 16). Die Veranlassung ist eine starke Andrängung des lateralen Fussrandes nach oben und damit zugleich der Fussspitze nach der Seite. Das Fersenbein kommt auch hierbei zuerst zum Stillstand durch Anstossen der Dorsalfläche seines vorderen Endes an der vorderen lateralen Ecke des Taluskörpers, der sich hier tiefer eindrückt, so dass zuletzt auch die Fibula zur Berührung mit den Seitenflächen des Fersenbeins kommt und hier ein kleines Gelenk zwischen ihnen gebildet wird, das an der Drehung des ersten Gelenkes um die Querachse ein wenig Theil nehmen kann (Vergl. Figg. 16. 18. 19). Die beiden anderen Knochen, Schiffbein und Würfelbein stossen auch am lateralen, oder dorsalen Rande der Gelenkflächen, vor denen sie sich bewegen, nicht auf vorspringende Ränder. Das Schiffbein wird daher auch über den des Taluskopfes soweit hinaus geschoben, dass es über ihn hin auf seine Dorsalfläche völlig spontan luxirt werden kann (Fig. 15), wenn es nicht, ehe es dazu kommt, an der vorderen Ecke der Rolle des Körpers anstösst und mit diesem eine kleine neue Articulation bildet, welche die weitere Dislocation hemmt (Figg. 16. 17). Die Bänder die vom Fersenbein und Tibiaknöchel an seinen unteren Rand gehen, werden dabei um den von ihm verlassenen unteren Theil des Taluskopfes herum bedeutend ausgedehnt (Fig. 17). Das Würfelbein rückt nicht so über den Processus anterior calcanei hinaus, dessen Rand sich vor ihm zuschärft und nach oben und hinten umbiegt (Vgl. Figg. 18. 19). Der vordere Theil des Fusses kommt also in der übermässigen Abduction nach der Seite wie in

der Adduction nach der Mitte viel weiter herum als die Ferse, und es wird die Einbiegung der Sohle zwischen ihnen schon dadurch fast ganz ausgeglichen, wie bei Pes adductus gesteigert.

Es giebt nun aber ausserdem noch eine andere Art von Contracturen, die eine Vermehrung und Verminderung der Aushöhlung der Fusssohle ergeben. Dies sind die Formveränderungen der Knochen an den Contactflächen des zweiten Gelenks, die durch übermässige Gegeneinanderdrängung ihrer oberen oder unteren Ränder entstehen. Die Schwere des Körpers drückt beständig, wenn er auf dem Fusse ruht, den Talus und mit ihm den vorderen Theil des Calcaneus herab, während nur dessen hinteres Ende und viel weiter vorn der Mittelfuss fest auf dem Boden stehen. Sie können hinter dem Schiffbeine und Würfelbeine nicht herabsinken, weil sie hier keine Beweglichkeit um die quere Achse haben; aber ihre oberen Ränder werden dadurch stets fester gegeneinander gedrückt als die unteren. Dem entgegen halten die kleinen starken Muskeln der Sohle die Ferse und die Spitze des Mittelfusses gegeneinander. Sie können sich einander nicht nähern; aber die Contactflächen zwischen dem hinteren und vorderen Theile werden dadurch mit ihren unteren Rändern stärker gegeneinander gedrückt als mit den oberen. Die Wirkung der Sohlenmuskeln und der Schwere halten sich normaler Weise in einem constanten mittleren Gleichgewicht. Wird dies aufgehoben, indem die eine oder die andere von beiden Wirkungen wegfällt, oder doch nicht mehr ausreicht um der entgegengesetzten gehörig zu widerstehen, so wird die letztere überwiegend wirksam und an den überwiegend gegeneinander gedrückten Rändern schwindet der Knochen. Die Wölbung der Fusssohle wird vermehrt oder vermindert, indem sich ihre Enden nach ihr hin oder von ihr weg gegeneinander knicken. Bei jeder abnormen Stellung des Fusses tritt das eine oder andere ein. Daher ist mit jeder anderen Fusscontractur auch eine von diesen beiden verbunden.

Knickung nach der Sohle hin, Pes inflexus oder Hohlfuss beruht auf Schwinden des Knochens an dem unteren Rande der Gelenkflächen. Sowohl die des Taluskopfes als die des Processus anterior calcanei sehen nicht mehr gerade nach vorn, sondern nach vorn und unten, das Schiffbein aber wird nach unten keilförmig verdünnt (Vgl. Figg. 10—14). Ferse und Mittelfuss convergiren.

Knickung nach dem Rücken hin, Pes reflexus, oder Plattfuss im weiteren Sinne beruht auf Schwinden des Knochens an dem

oberen Rande der Gelenkflächen. Die des Taluskopfes und des Processus anterior calcanei sehen nicht mehr gerade nach vorn, sondern nach vorn und oben. Das Schiffbein wird nach oben keilförmig verdünnt (Vgl. Figg. 19. 20). Am geringsten ist hier die Veränderung am Würfelbein. Auch ist sie hier nicht mehr scharf zu trennen von der durch übermässige Abduction, die ja in diesem Theil des Gelenks zuletzt auch nach oben drängt. Dasselbe gilt von der Veränderung in dem Contact zwischen Talus und Calcaneus, da auch die Eindrückung der Ecke des Taluskopfes in das Dorsum des Calcaneus zugleich durch die Abduction und die Knickung gegen das Dorsum hin vermehrt wird (Vgl. Fig. 19).

III. Contracturen beider Gelenke zugleich kommen in constant combinirter Weise unter constant zusammenwirkenden Ursachen vor, indem entweder beim Foetus, wenn die nöthige Abwechselung der Stellungen durch Muskelactionen vom Gehirn aus unvollkommen oder gar nicht mehr angeregt wird, beide Gelenke in gleicher Weise nach einer Seite constant umgeschlagen werden, oder im Leben die Wirkung der Schwere und der Muskeln auf beide in gleicher Weise verändert wird. Dadurch entstehen die bekannten typischen Deformationen, Spitzfuss, Hackenfuss, Klumpfuss, angeborener und erworbener Plattfuss. Daneben finden sich nur als Raritäten einige andere Combinationen derselben einfachen Veränderungen, welche nur aus isolirten Muskelirritationen oder Paresen, oder aus ganz besonders combinirten Verdrückungen im Uterus, die nur selten und zufällig einmal vorkommen, erklären lassen. Die ersteren sind nach vielfach vorkommenden Präparaten sehr evident auf die vorangestellten einfachen Contracturen beider Gelenke zurückzuführen. Die letzteren sind nur im Leben beobachtet und haben nur das untergeordnete theoretische Interesse zu zeigen, dass dieselben auch einmal anders zusammentreten können.

Beim Spitzfuss, Pes flexus inflexus (Pferdefuss, equinus) steht das erste Gelenk in Beugung (Plantarflexion). Der Talus tritt, wie oben beschrieben, mit dem vorderen breiten Theil seines Körpers zwischen den Knöcheln hervor, die Ferse ist hinter der Tibia hinauf und der Fuss mit der Spitze nach unten gerichtet (Vgl. Fig. 10), um so mehr, wenn der hintere Rand der Tibia sich tiefer in die Rolle eindrückt. Dazu kommt aber regelmässig Einknickung nach der Sohlenseite. Denn, wenn der Fuss nur noch mit der Spitze aufgesetzt wird, so wird die Höhe seiner Wölbung

nicht mehr zwischen der Spitze und der Ferse herabgedrückt oder, wenn auch bei mässigem Grade des Vorwiegens der Plantarflexion die Ferse noch zuweilen ganz flach, oder auch mittelst eines Absatzes fest aufgesetzt wird, so wird doch diese Niederdrückung nicht mehr so stark einwirken, weil sich die Biegung des Fussrückens von der Spitze bis zu dem Gelenke steiler dagegen aufstellt. Also wird immer der Zug der Sohlenmuskeln ein Uebergewicht erhalten und die Enden des Fusses einander nähern, indem sie die Gelenkflächen unten zum Schwinden bringen (Vgl. Figg. 10. 11).

Beim Hackenfuss, Pes extensus inflexus (in den meisten Fällen auch als Hohlfuss im engern Sinne bezeichnet) steht das erste Gelenk in Streckung (Dorsalflexion). Der Talus sieht mit seinem Kopfe nach oben, die Ferse nach unten vom Unterschenkel. Die Knickung des Fussrückens aber ist ebenso wie beim Spitzfusse nach unten. Denn, wenn der Fuss, statt nur mit der Spitze, nur mit der Ferse noch fest aufgesetzt wird, so wirkt die Schwere des Körpers ebenso wenig mehr niederdrückend auf ihn und anstemmend auf die oberen Ränder der Gelenkflächen vor dem Talus und Calcaneus, die Wirkung der Muskeln in der Sohle muss also auch hier überwiegen und die Enden des Fusses gegeneinander ziehen, indem sie die Gelenkflächen unten zum Schwinden bringt (Vgl. Figg. 12. 13. 14). Oder es kann zuweilen bei dieser Form auch umgekehrt die Einknickung aus irgend welcher Ursache primär entstanden sein und der Fuss wird dann beim Aufsetzen durch die Schwere in die Streckung (Dorsalflexion) gebracht. Die künstlich mit der Spitze und der Ferse gegeneinander gedrückten Füsse der Chinesen zeigen diese Deformation im monströsesten Extrem.

Beim Klumpfuss, Pes flexus, adductus, inflexus (Pes equino-varus und varus), steht das zweite Gelenk in Adduction, aber immer zugleich auch das erste in Beugung. Das vordere Ende des Fersenbeines ist unter dem Sprungbeinkopfe, aber noch viel mehr Schiffbein und Würfelbein vor beiden nach der Mitte hin verschoben, die Fussspitze der Medianebene zugekehrt, der laterale Fussrand nach unten gewendet, zugleich aber der Talus mit seinem Kopfe nach unten, die Ferse nach oben gerichtet. Dadurch wird bei mässigem Grade der Verbiegung, die noch nicht viel über das normale Extrem der beiden Bewegungen hinausgeht, auch die Fussspitze nach unten gerichtet (equino-varus). Geht dieselbe aber durch weitere Verschiebung des Schiffbeines um den Taluskopf

herum gegen den Tibiaknöchel immer mehr nach der Mitte herum, was bei der niedergesenkten Stellung des Sprungbeinkopfes mit der in ihm liegenden Achse des zweiten Gelenks nun zugleich nach oben ist, so giebt sich diese nur noch in dem Zurücktreten des nach unten gewendeten lateralen Fussrandes und der senkrechten Stellung der Ferse, die mit ihrem vorderen Ende auf dem Boden steht, zu erkennen (reiner varus ist also nur ein höherer Grad der Deformation als equino-varus. Vgl. Figg. 3—6). Zugleich fällt auch hier die Niederdrückung der Höhe des Fusses zwischen seinen beiden Enden weg, die Sohlenmuskeln überwiegen und bei dem abnormen Gehen auf der Dorsalfläche des lateralen Fussrandes wird sogar durch die Schwere auch noch die Knickung der Fusssohle vermehrt. Indessen ist die Verdünnung der Knochen gegen den unteren Rand nicht so bedeutend, als es danach den Anschein haben könnte, weil die gegen den medialen hin überwiegt und allein schon Ferse und Mittelfuss gegeneinander biegt. Die gewöhnlichste Art der Entstehung dieses gewöhnlichsten Complexes abnormer Fussgelenksstellung ist bekanntlich die, dass das Vorwiegen der Adduction im Uterus, wie es noch nach der Geburt deutlich zu erkennen ist, bei etwas übermässiger Ausbildung nicht normaler Weise beim ersten Gehen durch das Aufsetzen der Fusssohle überwunden und statt desselben das des lateralen Fussrandes, also ein ganz abnormes Gehen und Stehen eingeleitet wird.

Beim Plattfuss im engeren Sinne (Pes valgus) ist der Fuss im zweiten Gelenke abducirt und nach der Dorsalseite geknickt. Es giebt aber zwei ganz verschiedene Formen desselben, indem Streckung (Dorsalflexion) oder Beugung (Plantarflexion) des ersten Gelenkes dazu kommen kann. Die erste Form kommt nur angeboren vor, die zweite entsteht sehr häufig im Leben und ist nach dem Klumpfusse die gewöhnlichste Fusscontractur, wird ihm daher meist als Gegentheil zur Seite gestellt, was aber vielmehr nur von der ersteren gelten kann.

Beim a n g e b o r e n e n P l a t t f u s s, Pes extensus abductus, reflexus (calcaneo-valgus) ist der Fussrücken gegen die Vorderfläche des Unterschenkels herumgeschlagen, im ersten Gelenk gestreckt, im zweiten abducirt. Er wird dazu immer auch dorsal zurückgeknickt. Dies Umschlagen ist das reine Gegentheil von dem nach unten und der Mitte, wie es die stärker ausgebildeten angeborenen Klumpfüsse zeigen. Es ist sehr begreiflich wie das eine oder andere leicht entstehen kann, wenn sich der Foetus nicht

genug bewegen kann und also mehr oder weniger auf einen unbeweglichen Klumpen zusammen kugelt. Natürlich aber ist auch, dass das Umschlagen gegen den andern Fuss hin leichter vorkommt als das nach der Seite herum.

Beim erworbenen Plattfuss, Pes flexus, abductus, reflexus (gewöhnlicher Pes valgus) steht das zweite Gelenk in Abduction, der Calcaneus mit dem vorderen Ende neben dem Taluskopfe nach der Seite abgelenkt, noch mehr vor beiden Schiffbein und Würfelbein, also auch der ganze vordere Theil des Fusses, und dieser zugleich gegen die Ferse zurückgebogen. Dabei ist immer zugleich das erste Gelenk in Beugung (Plantarflexion), der Kopf des Sprungbeins nach unten gerichtet, die übrigen Knochen aber durch Eindrückung der oberen Ränder ihrer Gelenkflächen (vorderen des Calcaneus) so zurück gebogen, dass der vordere Theil des Fusses demnach gerade nach vorn steht und zugleich dadurch noch mehr seine Aushöhlung in der Fusssohle ganz wegfällt (Vergl. Figg. 16. 17. 19. 20). Die Abduction und Knickung summiren sich, die Flexion und Knickung compensiren sich. Dieser Zusammenhang der drei Veränderungen ist in ihrer gemeinsamen Entstehung begründet. Das Bein drückt von oben und ein wenig von der Seite auf den Talus. Der Fuss steht mehr nach der Seite fest auf. Die Achse des Gelenks zwischen ihnen ist etwas mehr als die Fussspitze gegen die Medianebene hingerichtet. Also wird es durch die Andrückung des Fusses immer ein wenig nach der Abductionsseite hin, der Talus hinter dem Schiffbein herunter, die Fussspitze mehr seitwärts, der laterale Rand in die Höhe gedrückt, ebenso wie die oberen Ränder gegeneinander. Die Abduction wird durch Anstossen von Rändern der Knochen und Spannung von Bändern erst gehemmt, wenn sie ihr normales Extrem erreicht hat. Geschieht dies für gewöhnlich, so ist der Plattfuss schon da und bildet sich dann immer mehr aus. Verhindert wird also seine Entstehung normaler Weise nur durch den Widerstand von Muskeln gegen die Schwere, des starken mit seiner Ansatzsehne um den Taluskopf geschlungenen M. tibialis posticus gegen die Abduction, der Sohlenmuskeln gegen die Andrängung der dorsalen Knochenränder. Genügt die Kraft derselben nicht um der wiederholten Anstrengung bei vielem Stehen das Gleichgewicht zu halten, so erfolgt das Umschlagen nach der Seite und dem Rücken des Fusses unwiderstehlich und wird dann immer mehr begünstigt, weil sich die aufgesetzte Fussspitze immer mehr seitwärts von

der Achse des Gelenks stellt und die Verschiebung durch die Drehung um sie immer mehr zugleich nach oben hin wendet. Der Fuss fällt dadurch mit der Aushöhlung der Sohle ganz zu Boden. Er müsste aber zugleich mit der Spitze nach oben stehen, wenn dies nicht durch mehr und mehr Anspannung der Wadenmuskeln verhindert würde, welche das erste Gelenk in Beugung (Plantarflexion) stellt um den Fuss nur noch horizontal zu erhalten. Denn das ist jetzt für ihn schon fast das Maximum der Entfernung vom Unterschenkel. Die Bänder und Knochen werden dadurch in der bei den einfachen Contracturen beschriebenen Weise verändert. Sie sind es aber nicht, die primär zu wenig Widerstand leisten. Denn den Beginn des Uebels können sie gar nicht hemmen. Die Wölbung kann normal nur durch Muskeln erhalten werden. Wenn diese nachlassen, geht sie unfehlbar verloren.

Bei Pes flexus reflexus (dem vollen Gegentheil des Hackenfusses) ist wie beim eben beschriebenen gewöhnlichen Plattfusse das erste Gelenk in Beugung (Plantarflexion), der Taluskopf nach unten gerichtet, der Fussrücken zurückgebogen, die Stellung aber im zweiten Gelenke eine mittlere. Der Fuss sieht gerade nach vorn. Der mediale Rand ist nicht mehr concav, der laterale sogar convex nach unten, so dass er sich wie ein Stück Rad am Boden abwickelt.

Bei Pes adductus reflexus steht das zweite Gelenk wie beim Klumpfusse in Adduction, ist aber wie beim Plattfusse nach der Dorsalseite geknickt. Das Schiffbein springt vor dem Tibiaknöchel im medialen Fussrande vor, der vordere Theil des Fusses aber ist von da an nach dem Dorsum zurückgebogen.

Bei Pes abductus inflexus steht das zweite Gelenk wie beim Plattfusse in Abduction, ist aber wie beim Klumpfusse nach der Sohle hin geknickt. Das Schiffbein und Würfelbein sind mit dem vorderen Ende des Fersenbeins vor dem Taluskopfe weg nach oben und der Seite gerichtet, der vordere Theil des Fusses aber ist von da nach der Sohle heruntergebogen.

Die letzte von diesen drei Raritäten habe ich auf Grund einer Abbildung von Little angenommen, nachher aber auch selbst einmal in der Klinik von Roser gesehen. Die ersten beiden sind bei Baum, jede einmal vorgekommen und von mir beschrieben. (Die Contracturen der Fusswurzel. Zeitschr. f. rationelle Medicin III. F. Bd. V.). Auf diese ausführlichere Darstellung muss ich überhaupt wegen der Einzelheiten verweisen. Es ist sehr wohl denkbar, dass sich noch mehr Combinationen einfacher Contracturen der beiden Fussgelenke in seltenen Fällen finden. So wäre z. B. ein Pes extensus reflexus (ein vollkommen zurückgeschlagener calcaneus) oder extensus adductus (calcaneo-varus) bei enger Einklemmung im Uterus wohl denkbar.

Einen geringen Grad ähnlicher Veränderung wie in den Contracturen zeigen die beiden Fussgelenke auch normaler Weise nach der Geburt. Durch die Ausbildung des Gebrauchs beim Gehen wird das erste Gelenk etwas mehr gebeugt (Pes flexus), die Rolle des Talus tritt ein wenig mit dem vorderen dicken Ende perma-

nent zwischen den Knöcheln hervor durch freiere Wirkung der Wadenmuskeln, während im Uterus der Fuss immer etwas vorwiegend gegen den Unterschenkel gedrückt ist. Das zweite Gelenk wird noch deutlicher mehr in Abduction herumgedrängt, während der Fuss im Uterus immer etwas mehr gegen den anderen in Adduction eingebogen ist. Es zeigt also mit Einem Wort, wenn wir auch einige Dorsalknickung zwar nicht als ideal schön aber doch als physiologisch gewöhnlich anerkennen müssen, jeder normale Fuss im Leben einen geringen Grad der Veränderung, die im erworbenen Plattfuss übermässig wird. Dagegen ist weder der angeborene Klumpfuss, noch der angeborene Plattfuss ein reines Uebermass der fötalen Stellung. Denn in dieser ist das erste Gelenk wie bei letzterem mehr als nachher im Leben in Streckung (Dorsalflexion), aber wie bei ersterem, und dies noch viel entschiedener mehr in Adduction.

Diese Veränderungen sind von L. Hüter (Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborner und Erwachsener. Virchow's Archiv. Bd. XXV.) ausführlich beschrieben und abgebildet. Der Talus zeigt an der Rolle des Körpers vorn einen schmalen von der Tibia verlassenen Streifen, der seinen Knorpelüberzug verliert. Die Ränder der Gelenkfläche des Calcaneus für den Taluskörper rücken nach vorn, die des Taluskopfes entwickelt sich nach oben und der Seite.

Viertes Kapitel.

Mittelfuss- und Zehengelenke.

§. 68. Fusswurzel und Mittelfuss.

Die Mittelfussknochen sind ganz analog den Mittelhandknochen an ihrer Basis mit den vier vorderen Fusswurzelknochen und ein wenig auch untereinander durch Gelenke verbunden, die den entsprechenden dort ganz ähnlich sind. Die Beweglichkeit der Mittelfussknochen ist also auch ganz ähnlich der der Mittelhandknochen, nur noch geringer. Insbesondere ist die des ersten viel weniger vor den übrigen ausgezeichnet, als die des Daumens, doch ebenfalls etwas grösser und auch nicht so ausschliesslich nur in einer Richtung. Die beiden folgenden sind mit den Keilbeinen fast unbeweglich verbunden. Dagegen bildet auch hier der fünfte, und nächstdem der vierte die ausgebildetste und einfachste Charnierver-

bindung mit dem Würfelbeine, welche daher als Typus für alle voranzustellen ist.

Die Basis des vierten und namentlich des fünften Mittelfussknochens hat eine schwach, aber deutlich convex vom Rücken gegen die Sohle gebogene Gelenkfläche, welche in eine entsprechende schwache Aushöhlung der Vorderfläche des Würfelbeines passt. In dieser sind sie also in geringem Grade um eine vor dem Gelenke liegende Querachse drehbar, wodurch sich der laterale Fussrand kleinen Unebenheiten des Bodens entsprechend beim Auftreten leicht etwas ein- oder zurückbiegt. Eine bestimmte Hemmung hat diese Drehung nicht. Die kleinen Contactflächen zu beiden Seiten des vierten Knochens sind so gut wie eben und zur Achse jener Bewegung senkrecht, sodass sie also bei ihr aneinander hingleiten können.

Die beiden grösseren Knochen vor den beiden kleineren Keilbeinen haben so gut wie keine Beweglichkeit gegen diese, wie auch diese unter sich und bilden also mit ihnen, sowie in der Regel auch mit dem Schiffbein und Würfelbeine den in sich unbeweglichen Hauptkörper des Fusses, die kleinen Gelenke an ihrer Basis sind die reinsten Beispiele von ebenen und gleichgrossen Contactflächen (Amphiarthrosen).

Der Mittelfussknochen der grossen Zehe hat, wie die beiden des anderen Randes eine Beweglichkeit vom Rücken gegen die Sohle, um eine quere Achse, die aber, wie für die analoge der Basis des Daumens nicht in ihm, sondern in dem Fusswurzelknochen liegt. Die vordere Gelenkfläche des ersten Keilbeins ist schwach convex von oben nach unten entlang ihrem grössten Durchmesser gebogen, sodass der Mittelfussknochen zuweilen ziemlich merklich vor ihr auf und ab gleiten kann. Ausnahmsweise bedingt dies eine deutliche Biegung in der Mitte des Fussrückens. Dazu kommt zuweilen auch eine Spur von der dem Daumen eigenthümlichen Ab- und Adduction von und gegen die nebenliegenden Knochen. Auch hierbei aber verhält sich das Keilbein als Gelenkkopf, vor dem der Mittelfussknochen hin und her gleitet. Die senkrechte Achse, um die er sich dreht, liegt nicht wie am Daumen in ihm, sondern wie die quere hinter dem Gelenke.

L. Fick (Müller's Archiv. 1857) erwähnt dagegen Füsse, an denen die Gelenkfläche eine Spur von sattelförmiger Bildung, wie am Daumen gezeigt haben soll, also wahrscheinlich Concavität nach vorn von rechts nach links.

Die Synovialhöhlen an der Basis der Mittelfussknochen verhalten sich auch wie die an der Hand. Die zwischen dem ersten und dem ersten Keilbeine und zwischen den beiden letzten und dem Würfelbeine sind für sich abgeschlossen. Die hinter dem zweiten und dritten stehen durch schmale Spalten zu beiden Seiten des zweiten Keilbeins mit der grösseren zwischen dem Schiffbeine und den Keilbeinen in Verbindung, die sich auch zwischen dem dritten und dem Schiffbeine einerseits, dem Würfelbeine andrerseits ein wenig fortsetzt. In ihr sind also alle die so gut wie unbeweglichen Fugen des Fussgewölbes vereinigt. Sie sind alle durch kurze straffe Bänder, namentlich an der Fusssohlenseite gedeckt.

Bei einer klumpfussähnlichen Contractur des Metatarsus, von der ich einige Fälle beschrieben habe (Zeitschrift f. rationelle Med. III. R. Bd. XVII.) stehen alle Knochen desselben nach der Mitte hingerichtet. Für den ersten ist dies theilweise als eine abnorm gesteigerte Abduction zu betrachten. Für die anderen ist es eine reine Schiefdrückung der Gelenkfläche an der Basis. Ich habe diese Schiefstellung des Metatarsus jetzt auch noch an einem Spitzfusse der Meckel'schen Sammlung in Halle gefunden.

§. 69. Gelenke der Zehen.

Die Glieder der Zehen passen, gerade wie die der Finger, mit einer Pfanne ihrer Basis auf Gelenkköpfe der Mittelfussknochen oder der denselben näher gelegenen Glieder, welche alle vom Rücken gegen die Sohle hin gebogen sind, auf denen sie sich also um quere Achsen drehen, beugen und strecken können. Zwischen den einzelnen Gliedern ist diese Bewegung, wie an den Fingern, die einzige und die kleinen Charniere, in denen sie zu Stande kommt, unterscheiden sich überhaupt von denen der Finger nur in der Grösse, sodass statt einer näheren Beschreibung derselben nur auf diese verwiesen werden kann. Die ganze Zehe hat ebenfalls wie der Finger gegen den Mittelhandknochen noch die zweite Bewegung vom einen Rande des Gelenkkopfes gegen den andern und die Bildung des Gelenkes zwischen ihnen ist demgemäss auch ganz analog wie dort, der Gelenkkopf neben der Hauptbiegung vom Rücken zur Sohle auch von Rand zu Rand convex. Der Spielraum der Beugung und Streckung ist aber hier entsprechend dem Gebrauche beim Gehen mehr nach der Dorsalseite, weniger nach der Sohle hin entwickelt und dies bedingt eine gewisse Verschiedenheit in der Bildung und Abgrenzung des Gelenkes.

Die Gelenkfläche der Mittelfussköpfe ist noch schmaler und länger als die der Mittelhand, namentlich geht sie mehr auf das Dorsum des Knochens herum. Ausserdem zerfällt ihre Biegung vom Rücken zur Sohle in zwei ziemlich scharf von einander getrennte Abschnitte. Der dorsale ist stärker, mit einem kleineren Radius gebogen, der volare flacher. Die Pfanne der Phalanx bewegt sich so gut wie ausschliesslich nur auf dem ersteren. Auf dem letzteren gleitet nur gleichzeitig die dicke plantare Kapsel mit den festen Kernen, oder Knotenpunkten, wo die Ligamenta capitulorum ansitzen und Knorpelchen oder Sesambeine in sie eingeschaltet sind. Der Spielraum der Streckung geht daher bis beinahe zu einem rechten Winkel (Dorsalflexion) über die vom Mittelfuss geradeaus gestreckte Lage hinaus, die Beugung dagegen kaum einen halben. Auch in Bezug auf die Hemmung verhalten sich beide Enden des Spielraumes der Drehung umgekehrt wie bei der der Finger. An diesen ist sie nur nach Seiten der Beugung eine absolute, an den Zehen nur für die Streckung (Dorsalflexion). Die Phalanx stösst, wenn sie am dorsalen Ende der Gelenkfläche des Kopfes angelangt ist, auf einen vorragenden Rand, der dieselbe etwas überragt, steht also dann plötzlich absolut still. Dagegen kann sie über die vordere Grenze des starkgebogenen Theiles der Rolle, auf dem sie gleitet, hinaus auf den flachen plantaren etwas vorgeschoben werden. Doch beträgt dies nicht viel, da die steife Kapsel mit den Sesambeinen oder entsprechenden Faserknoten oder Knorpeln nicht viel mehr vor ihr zurückweichen kann. An dem blossen Bänderpräparate lässt es sich zwar viel weiter führen, und die stärkste Parthie der Kapsel schnappt dann von dem plantaren Rande des Gelenkkopfes ganz herunter. Dazu kann es aber nicht kommen, solange die Mm. interossei neben dem Gelenke vorbeigehen. Denn auf sie müssen sich dann die queren Verbindungsbänder der Kapseln (Ligg. capitulorum) hemmend auflegen. Dazu kommt, dass die Seitenbänder, wie an der Hand, hauptsächlich ganz dicht am dorsalen Ende des Rollenrandes ansitzen und bei dem Uebergange der Pfanne auf den flacheren plantaren Theil derselben bald sehr gespannt werden. Dies hat auch, ähnlich wie dort die Folge, dass bei der Beugung keine andere Bewegung mehr möglich ist, bei der Streckung (Dorsal-

Fig. 65.



flexion) dagegen eine ziemlich freie Neigung über den Rand des Gelenkkopfes hin, auch ähnlich wie an der Hand mit ein wenig Drehung der Plantarfläche nach der anderen Seite, indem die Seitenbänder dann erschlaffen, aber auch den vorderen Rand der Pfanne an der Seite, von der er sich entfernt, etwas mehr zurück halten.

Die verschiedene Lage des Spielraums der Bewegung im Vergleich mit den Fingern ist ganz analog wie an der Beugung und Streckung im Fussgelenke im Vergleiche mit der der Hand. Will man deshalb dort einen Werth darauf legen nicht die Plantarflexion sondern die Dorsalflexion als Beugung zu bezeichnen, weil bei ihr die Längsdurchmesser der Knochen mehr in eine mehr gegeneinander geknickte Lage kommen, so wäre consequenter Weise dasselbe auf die Zehen anzuwenden.

Hier lässt sich nun das Schema der Ginglymoarthrodie von H. Meyer (s. o. S. 189.) anwenden, wenn man nur das Profil des Gelenkkopfes ansieht; aber die Folgerungen aus demselben doch nicht, wenn man sieht, dass die Pfanne nur den einen der beiden verschiedenen Abschnitte des Kopfes bei den normalen Bewegungen betritt.

Der vorspringende Rand hinter dem dorsalen Ende des Gelenkkopfs bildet sich durch beständige Andrückung der Phalanx gegen ihn stärker aus, wenn die Zehen bei Spitzfüssen oder Klumpfüssen nicht nach hinten in die Fusssohle umschlagen, sondern sich gegen die steil über dem Boden stehende Rückenfläche des Mittelfussknochens zurückknicken. Er kann dadurch zu einem vor derselben anliegenden Schildchen werden, das der Phalanx ähnlich, wie ein oberer Gelenkfortsatz eines Wirbel der der Phalanx entgegensteht.

Am ausgebildetsten ist der Gegensatz zwischen dem dorsalen Theile des Gelenkkopfes, auf dem sich die Phalanx bewegt, und dem plantaren für die Kapsel an dem grossen Basalgelenk der grossen Zehe mit seinen beiden starken Sesambeinen. Der rein kugelige Dorsaltheil, auf dem sich die Zehe bewegt, unterscheidet sich sehr scharf von dem plantaren, der durch eine mittlere Leiste in zwei tiefe Furchen getheilt ist, in welchen die Sesambeine gleiten. Der daneben auch wieder stark erhöhte mediale Rand des letzteren springt in vielen Fällen mit seinem vorderen Ende ein wenig über das hintere des ersteren vor wie die Rolle des Femur, auf der sich die Patella bewegt, über den Condylus, so dass dann für die grosse Zehe auch die Beugung durch Anstossen an dieser Ecke absolut gehemmt ist (wie zuweilen auch die Streckung am Daumen), und zwar bei nicht viel mehr als geradeaus vor dem Mittelfusse abwärts gerichteter Phalanx, während sie sonst wohl etwas über das vordere Ende ihrer Gelenkfläche hinaus gehen kann. Die Beschränkung ihrer Drehung auf dem kugeligen Gelenkkopfe nach den Rändern hin ist ähnlich wie an

den anderen Zehen und Fingern; nur macht sie sich wegen der Stärke der Seitenbänder und plantaren Kapselparthie deutlicher bemerkbar und nimmt mit starker Streckung (Dorsalflexion) nicht ab, sondern zu. Die Seitenbänder entspringen an den breiten Seitenflächen des Kopfes mehr central als an den anderen und werden durch ihre Verbindung mit den Sesambeinen bei dem Vorrücken dieser in der Streckung angespannt.

Dies Gelenk zeigt auch ganz ähnliche Verhältnisse der Einklemmung der plantaren Kapsel u. s. w. bei Luxation der Zehe auf das Dorsum wie das entsprechende am Daumen (s. o. §. 53. S. 195. Vgl. Bartholmai, die Luxation des ersten Gliedes der grossen Zehe. Inaugur. Diss. Marburg 1857).

Die grosse Zehe steht fast in der Regel in Folge der schiefen Endigung der Stiefelränder in einer beständigen ziemlich gewaltsamen Adduction und bewegt sich dem entsprechend mehr auf dem lateralen Theile der Rolle. Es erfolgt daraus eine Andrängung gegen diesen und Lockerung im Schlusse des medialen, welche es sehr begreiflich macht, dass dieses Gelenk ein Lieblingssitz chronischer Deformationen ist.

§. 70. **Stehen und Gehen.**

Hier wird sich passend und zum Theil zurückgreifend eine kurze Uebersicht der Stellungen, welche alle Gelenke der Beine und Füsse in dem gewöhnlichen Gebrauche beim Stehen und Gehen einnehmen, und ihres Verhaltens zur Wirkung der Schwere des Körpers in denselben anschliessen. Die Schwere wirkt unmittelbar nicht auf Drehungen um senkrechte Achsen, sondern nur um horizontale. Es ist also nur zu trennen, wie die Gelenke sich in Bezug auf ihre Drehung um quere oder sagittale verhalten, welches sich in einer Ansicht von der Seite und von vorn, in jener für Hüfte, Knie und erstes Fussgelenk, in dieser für Hüfte und zweites Fussgelenk mit ihren Drehungen darstellt. Beides ist zuerst auf die Ruhelage im Stehen, dann auf das Vorschreiten im Gehen anzuwenden.

In der Seitenansicht des ganzen Skelets bei normalem geradem Stehen zeigt sich leicht, dass, wie schon oben (§. 57. Vgl. Fig. 49.) entwickelt, der Schwerpunkt des Rumpfes weiter hinten als die quere Achse der Hüftgelenke liegt, die Streckung derselben hintenüber also durch die Schwere bewirkt wird und durch Muskeln nur ein wenig gemässigt werden muss. Ebenso evident ist, dass der Schwerpunkt weiter vorn liegt als die quere Achse des ersten Fussgelenks, dass also auch dieses durch die Wirkung der

Schwere in die Streckung (Dorsalflexion) getrieben wird. Zu dieser darf es aber nicht kommen und der Widerstand gegen sie ist deshalb die einzig unerlässliche Muskelanstrengung beim Stehen, die auch bei der schlaffsten Haltung nicht fehlt, weil ohne sie der Körper vorn nieder fiele, wie der Kopf, wenn die Nackenmuskeln nachliessen. Sie bewirkt daher auch noch beim Plattfusse, der sonst durch Mangel der Muskelaction im Stehen bedingt ist (s. o. §. 67.), die Beugung des ersten Gelenks. Am wenigsten wirkt die Schwere des Körpers beim Stehen auf eine bestimmte Lage im Knie. Ihre Wirkung von oben nach unten fällt in die breiten Contactflächen desselben, aber doch wohl bei etwas strammer Haltung in der Regel noch vor die Achsen der Condylen, so dass doch auch hier die Streckung begünstigt ist und durch Muskeln eher ein wenig der Druck von ihrer Grenze abgehalten werden muss, was ja auch die Gastrocnemii zugleich mit der Wirkung auf das erste Fussgelenk schon thun. Doch sind am Oberschenkel wohl zugleich auch die Extensoren für das Knie etwas mit gespannt.

H. Meyer (Müllers Archiv 1853. Das aufrechte Stehen S. 25.) bringt nach seinem Princip, immer möglichst die Erhaltung der festen Lage der Gelenke im Mechanismus des Skelets selbst zu suchen, auch für das erste Fussgelenk eine Erklärung dafür bei, wie es schon in Folge der Lage seiner Bewegungsbahn auch ausser der Wirkung der Muskeln verhindert sein soll in volle Dorsalflexion zu fallen. Da nämlich bei symmetrischer Stellung beider Füsse mit ihren Spitzen nach der Seite, die queren Achsen beider Sprungbeinrollen mit den medialen Enden nach vorn gerichtet sind, so müsste der Körper über der linken nach links, über der rechten nach rechts fallen und bliebe, da dies nicht geht, stabil in der Mitte und damit zugleich in der Höhe hängen. Dies ist gewiss eine äusserst übertriebene Anforderung an die Festigkeit des Gelenkmechanismus. Die ganze Schwere würde durch die Andrückung des Fibulaknöchels gegen den vorderen Rand seiner Berührung mit der Seitenfläche der Sprungbeinrolle, welche die Abweichung der Bahn der Streckung nach der Mitte unmöglich macht, getragen. Wie bald würde ein solcher Druck die Knochen und Bänder deformiren, wie vergeblich die Schraubenrichtung des Ganges der Fibula bei Streckung nach der Seite entgegenhalten! Ganz abgesehen, dass diese steife Haltung nur beim Soldaten in Parade vorkommt. Meyer nennt zwar das unsymmetrische Stehen, wobei der Körper nur auf Einem Beine steht, im Gegensatze zu diesem „tanzmeisterlich". Das ist es aber offenbar nur im Extrem. Tanzmeisterlich ist ja meist nur die Uebertreibung ganz natürlich schöner Haltungsformen und so steht auch jeder Mensch in der Regel fest auf Einem Fusse.

In der Ansicht des ganzen Skelets von vorn bei normalem geraden Stehen zeigt sich, dass die Hüfte der tragenden Seite, wie auch schon oben (§. 57.) entwickelt, durch die Schwere in Adduction getrieben und nur durch Muskeln von dem passiven

Extrem derselben, wie von der völlig passiv extremen Streckung zurückgehalten wird, weil die Schwere des Rumpfes über ihr nach der anderen Seite hin überhängt. Ueber der Achse des zweiten Fussgelenks dagegen, welche über die Verbindungslinie der Ferse und der Fussspitze nach vorn hinaus nach der Mitte hingerichtet ist, drängt die Schwere mehr seitwärts herab den Schenkel mit dem Sprungbeine in die Abduction. Auch diese darf aber nicht völlig extrem werden, wenn nicht die Wölbung der Fusssohle verloren gehen soll (s. o. S. 277). Also muss der Adductionsmuskel, Tibialis posticus beständig Widerstand leisten. Im Kniegelenke ist auch nach der Seite die Schwere am wenigsten in einem bestimmten Sinne wirksam. Der Druck von oben, von der Gegend des Schwerpunktes herunter fällt auch von vorn angesehen in die Breite des Contactes, aber doch eher etwas seitwärts; daher auch die Bildung des Genu valgum durch etwas Muskelwirkung auf der medialen Seite verhindert werden muss (s. o. §. 62).

Der M. tibialis posticus ist wohl eines der evidentesten Beispiele eines Muskels, bei dem der Querschnitt oder die Zahl der Fasern sehr gross ist im Vergleiche mit ihrer Länge, also die Kraft gross im Vergleiche mit der Hubhöhe. Er hat einer grossen Kraft, die beständig auf die seiner Wirkung entgegengesetzte Drehung wirkt, anhaltend zu widerstehen. Dies kann er sehr gut bei einer wenig langen Verkürzung seiner Fasern. Denn er besteht aus vielen kurzen Fasern, die an langen über ihn hin ausgebreiteten Sehnenblättern successiv entspringen und ansitzen. Sie wirken mit grosser Kraft zusammen, machen aber keine beträchtlich lange Excursionen. Die Adduction hat überhaupt keinen sehr grossen Spielraum und der Ansatz des Muskels auch keinen sehr grossen Hebelarm für dieselbe. Wird sie völlig ausgeführt, so kommt ihm der tibialis anticus, der sonst nur die Streckung (Dorsalflexion) des ersten Gelenks bewirkt, zu Hülfe, dessen Ansatz dann über ihre Achse hinaus nach der Mitte hin verlegt wird.

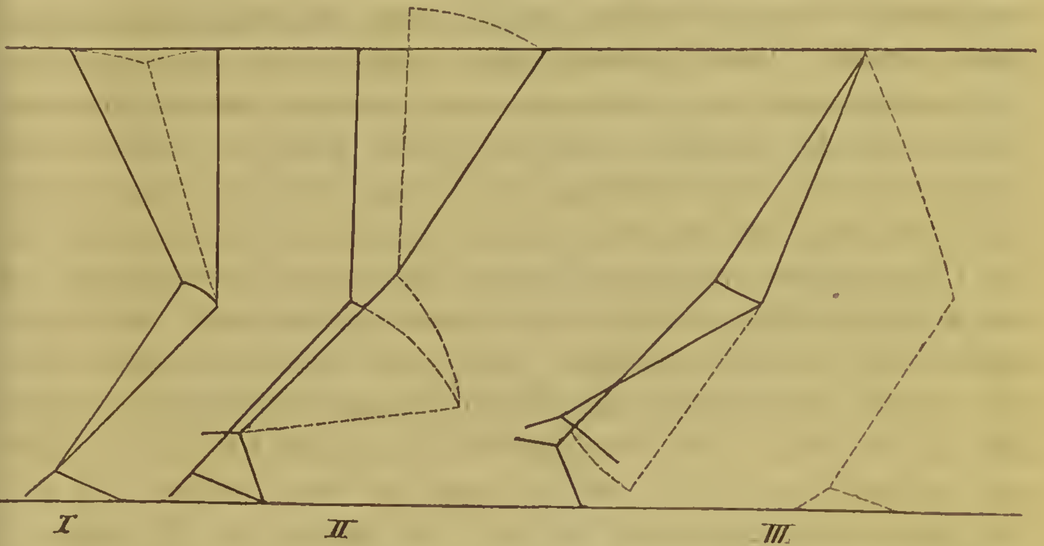
Das gewöhnliche normale Gehen ist ein Stehen abwechselnd auf beiden Beinen, wobei der Körper jedesmal von dem Fusse, der ihn unterstützt vorwärts fallen gelassen, zugleich aber durch das noch auf dem Boden angestemmte Bein soviel in die Höhe gehoben wird, dass sich mit dem vorwärts Fallen kein abwärts Fallen verbindet, bis ihn das andere Bein, das inzwischen auch vorwärts gefallen ist, wieder auffängt. Dies giebt eine Reihenfolge von Drehungen um Querachsen, die sich in einer Ansicht von der Seite zusammenstellen lassen. Die um sagittale, welche man von vorn erkennt, befinden sich nur abwechselnd für beide Seiten in derselben Lage, wie beim Stehen.

Die Reihenfolge der Drehungen um quere Achsen, welche beim gewöhnlichen Vorwärtsschieben des Rumpfes durch die Beine abwechseln, lässt sich am bequemsten

nach der Annahme zusammenstellen, welche die Brüder Weber als nahezu genau richtig für die schematische Definition derselben aufgestellt haben, dass die Hüftgelenksköpfe und mit ihnen der Rumpf in rein horizontaler Richtung vorwärts bewegt werden. Es ist dies, wie sich von selbst versteht, nur ein möglichst reines einfaches Beispiel, woneben vielerlei Modificationen der Bewegungsart möglich sind.

Die Seitenansicht der gehenden Figur zeigt zunächst, auch wenn der Körper noch nicht nach vorn fällt, sondern sich noch gerade über dem einen fest aufstehenden Fusse befindet, eine niedrigere Haltung der Hüfte und des Rumpfes über dem Boden als beim Stehen, wie das auch nicht anders möglich ist, wenn sie vorwärts fallen sollen und nicht zugleich abwärts. Denn, wenn das Bein beim Stehen gerade ausgestreckt in die Höhe steht, kann es nicht hernach auch in schiefer Richtung vorwärts bis zu derselben

Fig. 66.



Höhe emporreichen. Wenn deshalb das Hüftgelenk beim Gehen noch über dem Fusse steht, ist das Knie gebogen. Es liegt dann natürlich auch weiter vorn als die Wirkung der Schwere des Körpers, dieser muss also, wenn es nun nicht ganz in Beugung fallen soll, durch die Streckmuskeln in der Höhe gehalten werden. Die Bewegung nach vorn beginnt nun (Fig. 66. I.) damit, dass das erste Fussgelenk in Streckung (Dorsalflexion) übergeht. Dies erfolgt von selbst durch Vornüberfallen des Körpers, sobald die Beugemuskeln des Gelenks nachlassen, die es beim Stehen verhindern. Damit aber nun nicht zugleich die Hüfte abwärts fällt, wird das Kniegelenk gestreckt und dies muss durch Muskelaction der Schwere entgegen ausgeführt werden. Gleichzeitig muss der Rumpf in der Hüfte ein wenig in Streckung zurückgenommen

werden um nicht mit dem Oberschenkel zugleich vornüberzufallen, abgesehen von der constanten Neigung nach vorn, die er dem Luftwiderstande entgegen hat. Ist die Hüfte bis gerade über das Knie nach vorn gerückt, so würde die Streckung desselben nichts mehr helfen um das Herabsinken beim weiteren Vorwärtsfallen zu compensiren. Zugleich ist dann auch der ganze Körper über den Gelenkkopf des Mittelfusses vorgerückt und dreht nun durch sein weiteres Vorwärtsfallen auch diesen in seiner auf dem Boden ruhenden, aus Zehe, Kapsel und Sesambeinen zusammengesetzten Pfanne von selbst in die Streckung (Dorsalflexion, Fig. 66. II.), wobei die Ferse vom Boden erhoben wird. Die Hüfte müsste also nun auch vorwärts fallen, wenn nicht nun die Beugemuskeln des ersten Fussgelenkes angriffen um den Unterschenkel zurück zu halten (in Plantarflexion), und zwar noch etwas mehr als er durch den Antheil an der Drehung um den Kopf des Metatarsus herabgehen würde. Denn daneben geht zugleich die Streckung des Kniegelenks noch fort, aber nicht mehr aufwärts sondern abwärts, nicht mehr der Schwere entgegen durch Muskeln, sondern der Schwere nach. Die Streckung der Hüfte aber muss auch jetzt noch von Muskeln erhalten werden, damit der Rumpf nicht wie der Oberschenkel vorneigt. Ist die Beugung (Plantarflexion) im ersten Fussgelenke erschöpft, so könnte nichts mehr das Herabsinken des Rumpfes hindern. Nun muss spätestens das andere Bein wieder unter ihm in der Stellung angekommen sein, von der aus er von dem ersten herabgefallen ist, damit sich das Gleiche wiederholen kann. Nun werden sofort an dem, welches sich bisher gegen ihn vorgestemmt hat, alle drei Gelenke in die entgegengesetzte Lage gebracht, das Kniegelenk gebeugt, das erste Fussgelenk gestreckt, die Zehen gebeugt (Fig. 66. III.). Durch die ersten beiden dieser Bewegungen wird der Fuss vom Boden aufgehoben, der Schwere entgegen, aber nicht der des Oberkörpers sondern nur des Unterschenkels und Fusses, also mit einer geringen Anstrengung. Zugleich lässt nun die Streckung der Hüfte nach, das Bein fällt frei vom Becken herabhängend seiner Schwere nach wie ein Pendel vorwärts, während es zugleich mit dem Oberkörper vorwärts geschoben wird, und kommt so rechtzeitig an ihn wieder zu unterstützen, wenn das andere ihn wieder so lange als möglich nach vorn fallend in die Höhe gehalten hat.

Von vorn angesehen verhält sich jedes Bein, so lange es den Körper beim Gehen zu stützen hat, wie wenn es beim Stehen auf

ihm ruhte. Seine Schwere drückt über der Hüfte nach der Mitte von ihr, über dem zweiten Fussgelenke nach der Seite von ihm herab und es muss also durch active Wirkung auf Abduction in jener, auf Adduction in diesem das Umschlagen beider im entgegengesetzten Sinne verhindert werden. Gegen Ende des Theiles der Bewegung, während dessen ein Bein den Körper unterstützt, steigert sich der Effect dieser Muskelaction zu einer wirklich erfolgenden Abduction der Hüfte und Adduction des zweiten Fussgelenks. Letztere bewirkt, da ihre Achse jetzt etwa horizontal liegt und der Fuss, der fest am Boden angedrückt ist, nicht nach der Mitte gehen kann, eine Hinneigung des Beines, mit dem Rumpfe nach der Seite des andern, durch welche der Schwerpunkt des Körpers zuletzt nicht mehr nur vorwärts, sondern etwas von der Seite auf welcher er bisher geruht hat weg geschoben, an das andere Bein abgegeben wird. Dabei muss natürlich der Rumpf in der Hüfte durch eine kleine Abduction derselben zurück gehalten werden, dass er nicht von ihr nach der anderen Seite herabfällt. Bei etwas auswärts gesetzter Fussspitze wird dieses hinüber und herüber Schieben des Körpers auch schon durch die Schiefstellung der Achse des ersten Fussgelenkes während der ganzen Dauer der Unterstützung durch das eine Bein allmälig begünstigt. So lange es in Streckung (Dorsalflexion) geht (Fig. 66. I.), fällt es etwas nach seiner Seite herüber, so lange es wieder gebeugt wird (Fig. 66. II.), geht es schon wieder etwas hinüber.



Erklärung der Kupfertafeln.

Tafel I.

(I. Abschnitt I. Kapitel.)

Scoliose aus der Sammlung des pathologisch-anatomischen Instituts zu Marburg Cf. §. 19. S. 68. 71.

Tafel II.

(I. Abschnitt. I. und II. Kapitel.)

Fig. 1. Bauchwirbel, Sagittalschnitt
„ 2. Bauchwirbel, Frontalschnitt
„ 3. Brustwirbel, Sagittalschnitt
„ 4. Brustwirbel von hinten
„ 5. Halswirbel, Sagittalschnitt
} Cf. §. 21.

„ 6. Steissbein, Medianschnitt Cf. §. 20. S. 75.
„ 7. Drehungsachsen der beiden obersten Rippenpaare Cf. §. 22. S. 79.

Tafel III.

(I. Abschnitt. IV. Kapitel.)

Fig. 1. Kiefergelenk Sagittalschnitt, starke Krümmung
„ 2. Kiefergelenk Sagittalschnitt, schwache Krümmung
} Cf. §. 32. S. 105.

„ 3—4. Kiefergelenk Sagittalschnitt, ungleichmässige Krümmung Cf. S. 108.
„ 5. Stellung des Unterkiefers bei Oeffnung und Schliessung des Mundes Cf. §. 33. S. 111.

Tafel IV.

(II. Abschnitt. III. Kapitel.)

Fig. 1. Ansicht der Handwurzel von der Vorlarseite bei voller Streckung beider Gelenke. RC. nach vorn gerichtetes Ende des ersten (Radiocarpal-) Gelenks C des zweiten (Carpal-) Gelenks.

Fig. 2. 3. Ansicht der Handgelenke von der Dorsalseite.
„ 4. 5. Ansicht der Handgelenke von der Radialseite, die Achse des zweiten Gelenks mit dem vorderen Ende aus dem Kahnbeine hervorsehend, von der des ersten nur die Austrittsstelle aus dem Proc. styloides radii angegeben.
„ 2. 4. Beugung des ersten, Streckung des zweiten Gelenks, Radialflexion. Die convexen Flächen des ersten am Dorsum hervortretend, die des zweiten nicht.
„ 3. 5. Streckung des ersten, Beugung des zweiten Gelenks, Ulnarflexion. Die convexen Flächen des zweiten am Dorsum hervortretend, die des ersten nicht
„ 6. Sagittalschnitt durch Kopf- und Mondbein, Streckung.
„ 7. Schema zur Construction der Contactfläche zwischen Kahnbein und Knochen der zweiten Reihe. Cf. §. 48. S. 125.
„ 8. Die Handwurzel ohne das Mond- und Pyramidenbein. Spurlinie vom Radius auf dem Kahnbein, vom Mondbein auf dem Kopfbein, durch Drehung des zweiten vor- und radialwärts, durch Drehung des zweiten vor- und ulnawärts gerichtete. C. Achse des zweiten (Carpalgelenks).
Die letzte Figur von der linken, die andere von der rechten Hand.

Tafel V.

(II. Abschnitt. II. Kapitel.)

„ 1. Condylen des Femur von hinten mit Spurlinien von dem hinteren Rändern der Bandscheiben und den Achsen.
„ 2. Durchschnitte derselben durch die Spurlinien, mit dem zur Ebene derselben senkrechten Achsen. Cf. §. 59. S. 224.
„ 3. Condylen von unten, Biegung der vorderen Enden.
„ 4. Dieselben mit Spurlinien von den vorderen Theilen der Bandscheiben. Cf. §. 59. S. 226.
„ 5—7. Linkes Kniegelenk eines Hundes von hinten. Cf. §. 60. S. 237.
„ 5. Streckung.
„ 6. Rotation nach der Mitte.
„ 7. Rotation nach der Seite.
„ 8. Kniegelenk, das in Beugung contract war, nach dem Tode gewaltsam gestreckt. Cf. §. 62. S. 245.

Tafel VI.

(III. Abschnitt. II. Kapitel.)

„ 1. Unteres Ende des Femur von einem Knie mit nicht knöchern geheilter Fractur der Patella. Cf. §. 61. S. 244.
„ 2 u. 3. Rechtes Genu valgum.
„ 2. Unteres Ende des Femur.
„ 3. Ansicht des ganzen Gelenks in Streckung von vorn.
Beide Präparate aus der Sammlung der chirug. Klinik in Marburg.

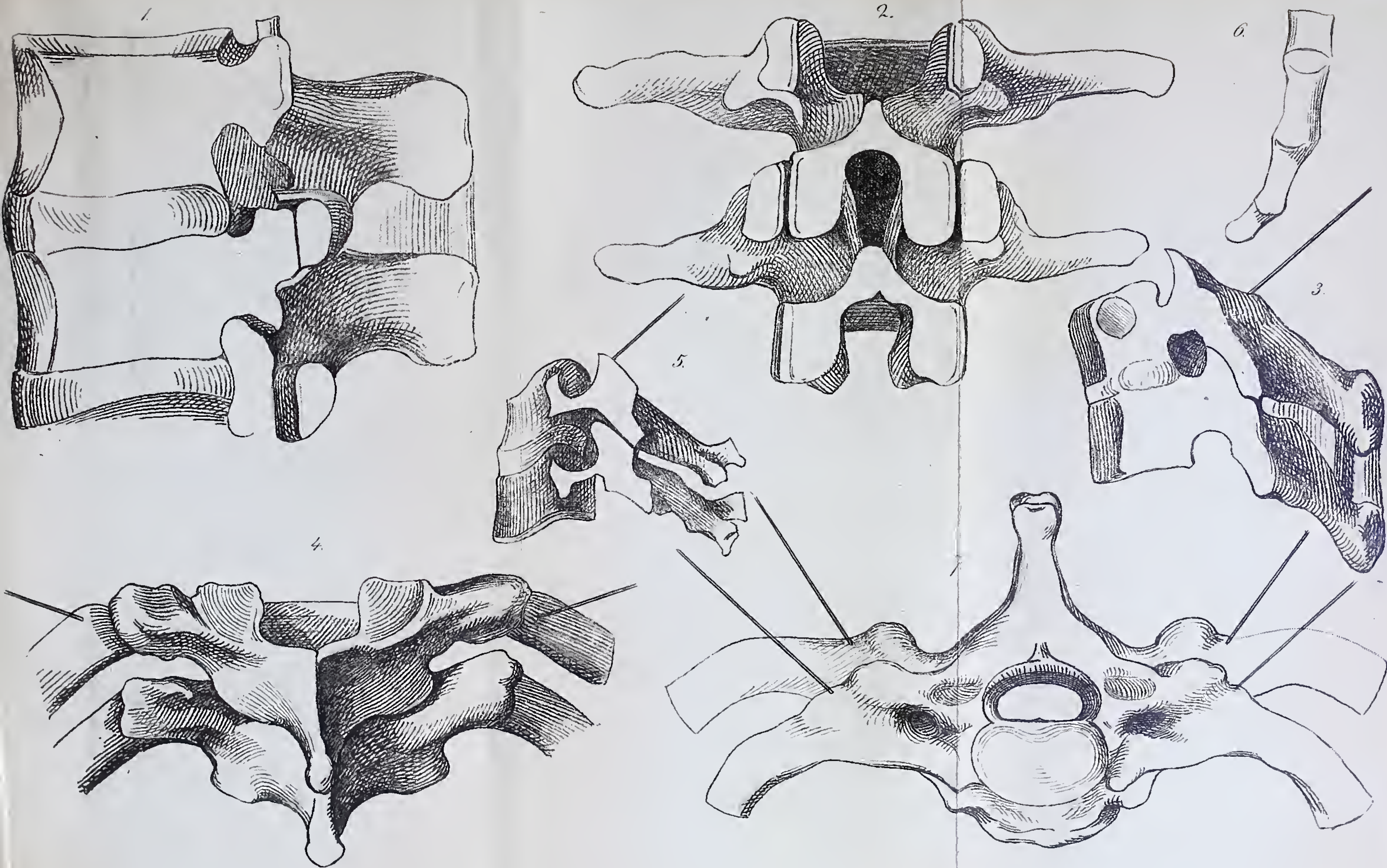
Tafel VII. VIII. IX.

(III. Abschnitt. III. Kapitel.)

„ 1. a. b. Rechter Fuss von vorn und der Seite in Abduction a. und Adduction b. Achse des zweiten Fussgelenks.

Fig. 2. Linker Calcaneus von oben Cf. §. 65. S. 261.
Zu den folgenden vergl. §. 67.
„ 3. 4. Rechter Klumpfuss eines Neugeborenen von der Seite und von vorn. Sammlung der Anatomie in Marburg A. S. 2553.
„ 5. 6. Desgleichen eines Erwachsenen. Daselbst A. S. 2559.
„ 7. 8. 9. Einzelne Stücke des zugehörigen linken.
„ 7. Fersenbein und Würfelbein von unten.
„ 8. Fersenbein und Kahnbein von oben.
„ 9. Sprungbein von oben.
„ 10. Pferdefuss von der Seite, aus der Sammlung des pathol. anatom. Institus in Göttingen.
„ 11. Tibia und Talus desselben von der Mitte.
„ 12. Hackenfuss (Hohlfuss) von der Mitte, daselbst.
„ 13. Fersen- Sprung- und Kahnbein desselben von der Seite.
„ 14. Sprungbein desselben allein von der Mitte.
„ 15. Paralytischer Plattfuss mit spontan auf das Dorsum des Taluskopfes luxirtem Kahnbein. Sammlung der Anatomie in Marburg A. S. 1212.
„ 16. Plattfuss mit Bildung neuer Articulationen zwischen Kahnbein und Sprungbeinkörper, zwischen Fibulaknöchel und Fersenbein, von vorn, daselbst.
„ 17. Derselbe von der Mitte.
„ 18. Fersenbein desselben von der Seite.
„ 19. Plattfuss mit Contact der Fibula und des Calcaneus von der Seite, skeletirt, in der Anatomie in Göttingen.
„ 20. Derselbe von der Mitte.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.


1.
2.
3.
4.
5.
6.

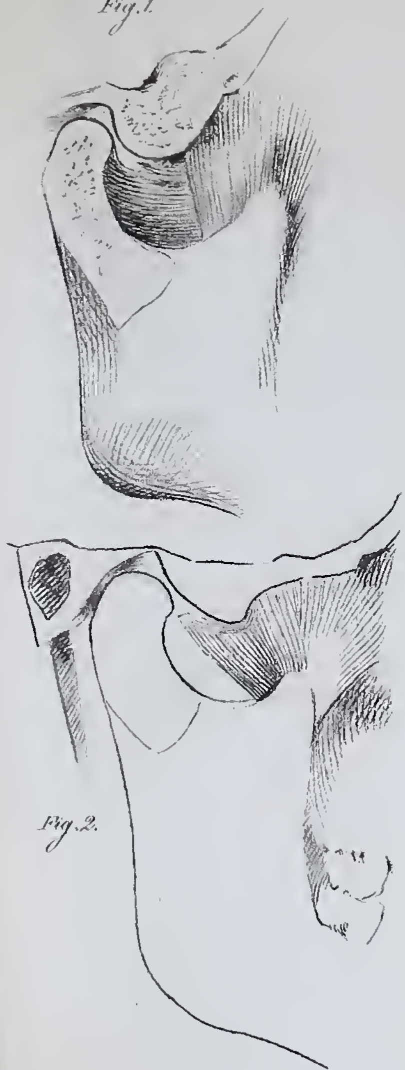


Fig. 1.

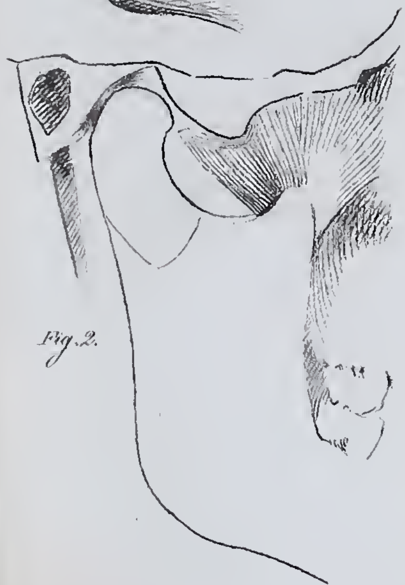


Fig. 2.

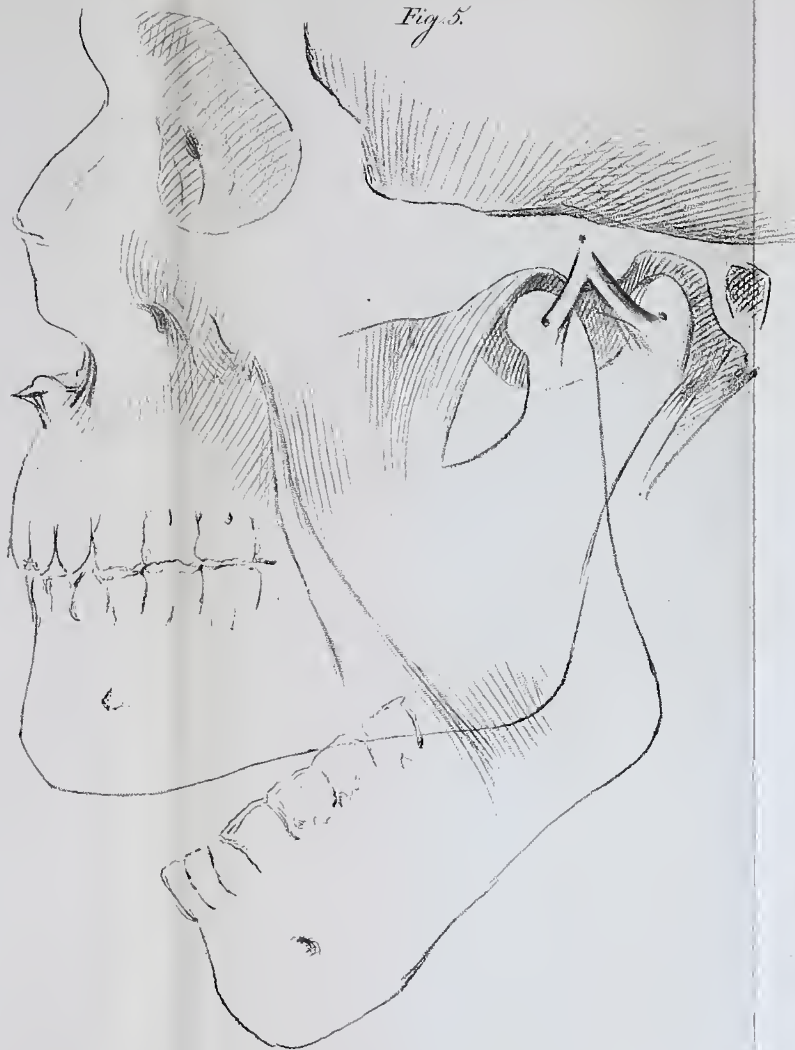


Fig. 5.

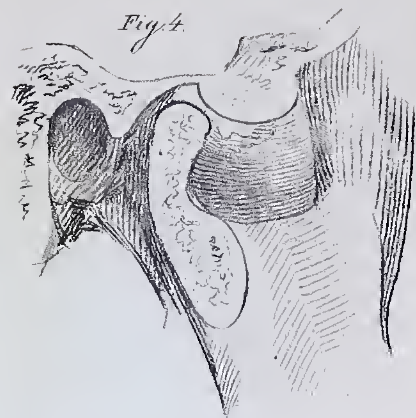


Fig. 4.

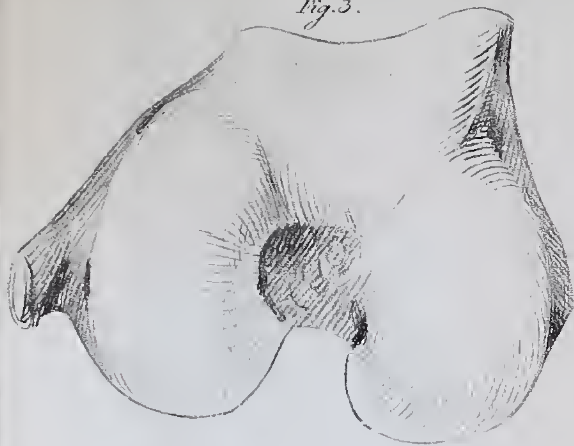


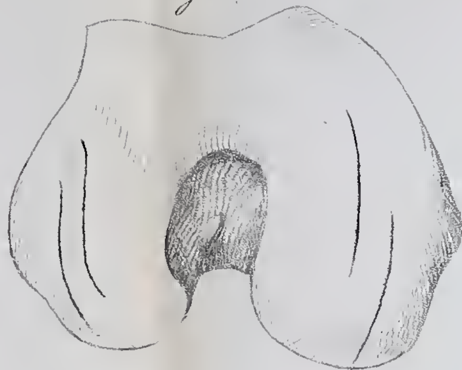
Fig. 3

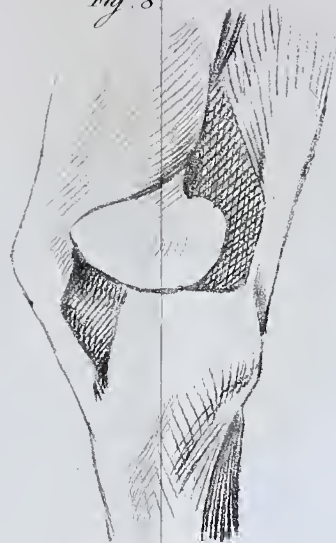
W. Henke ad nat. del.

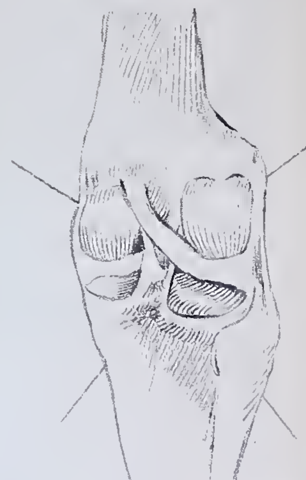

Taf. IV.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
c
Rc

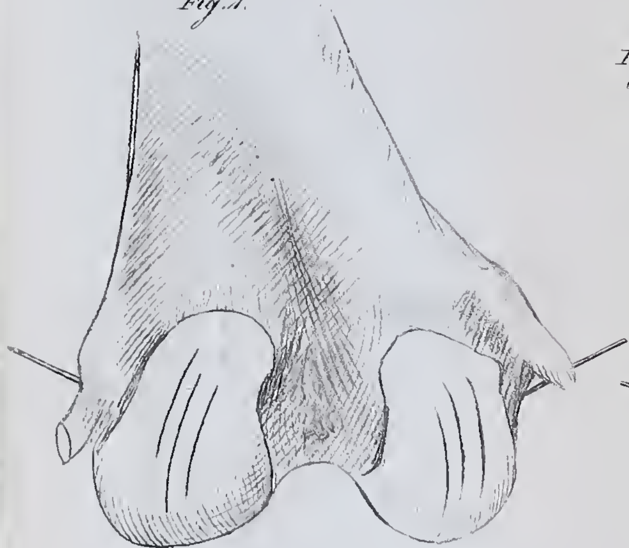
Taf. V.

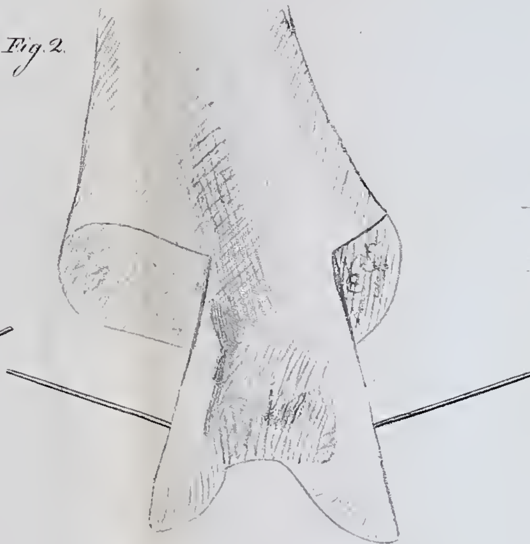

Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 8.


Fig. 5.


Fig. 1.


Fig. 2.

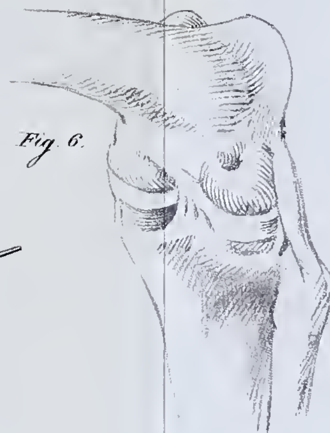

Fig. 6.


Fig. 7.

Fig. 2.

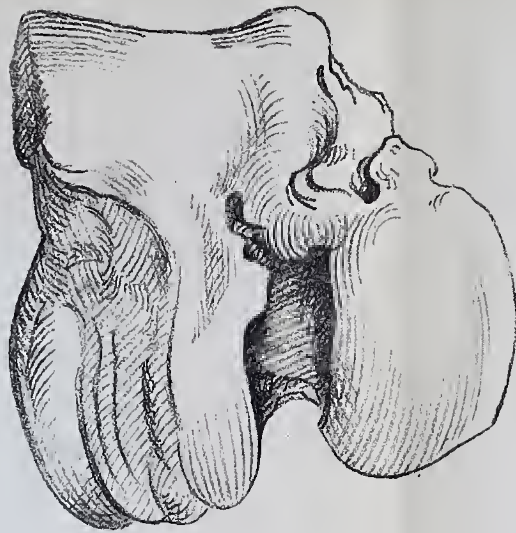


Fig. 1.

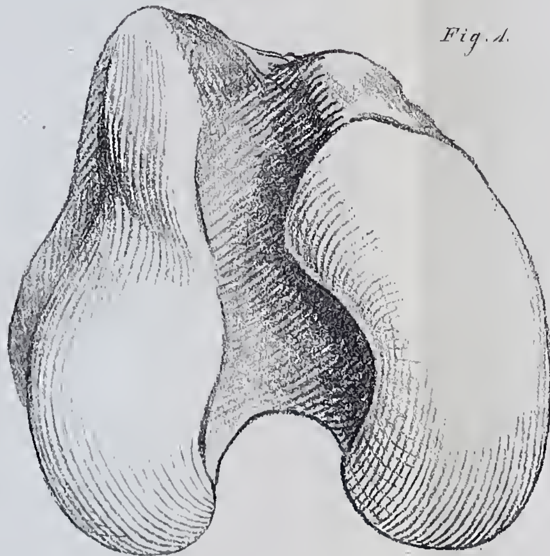
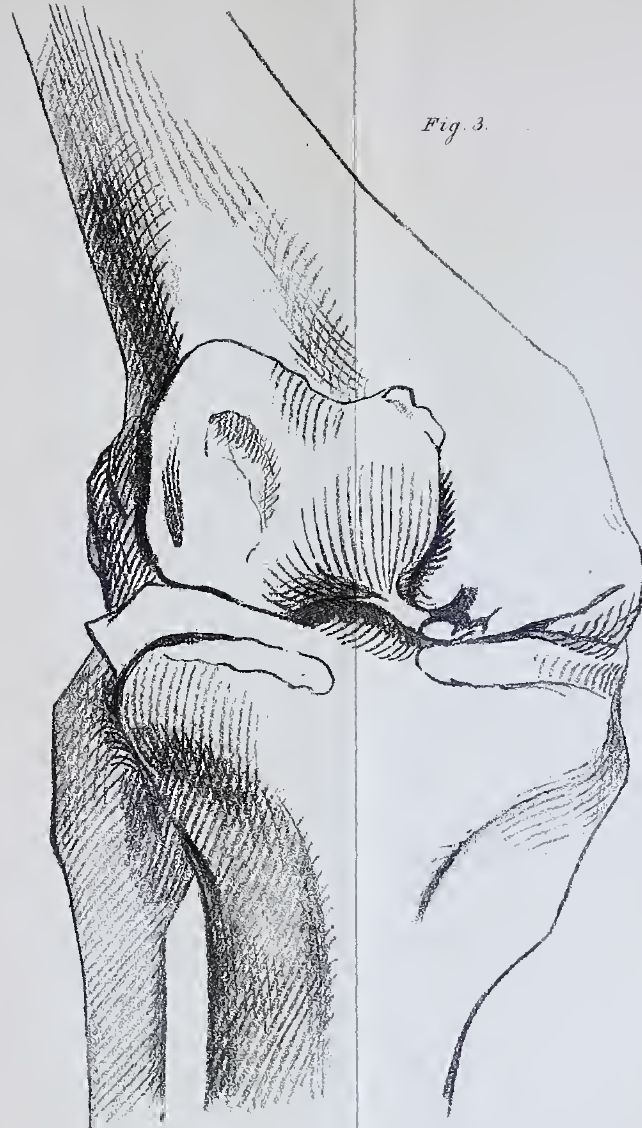


Fig. 3.



Taf. VII.

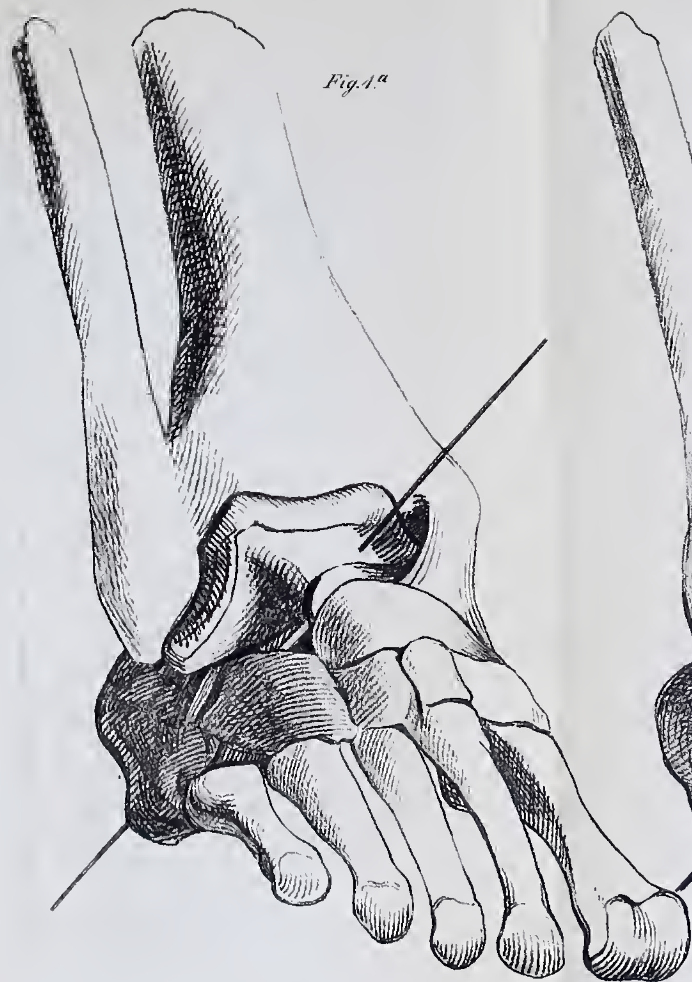
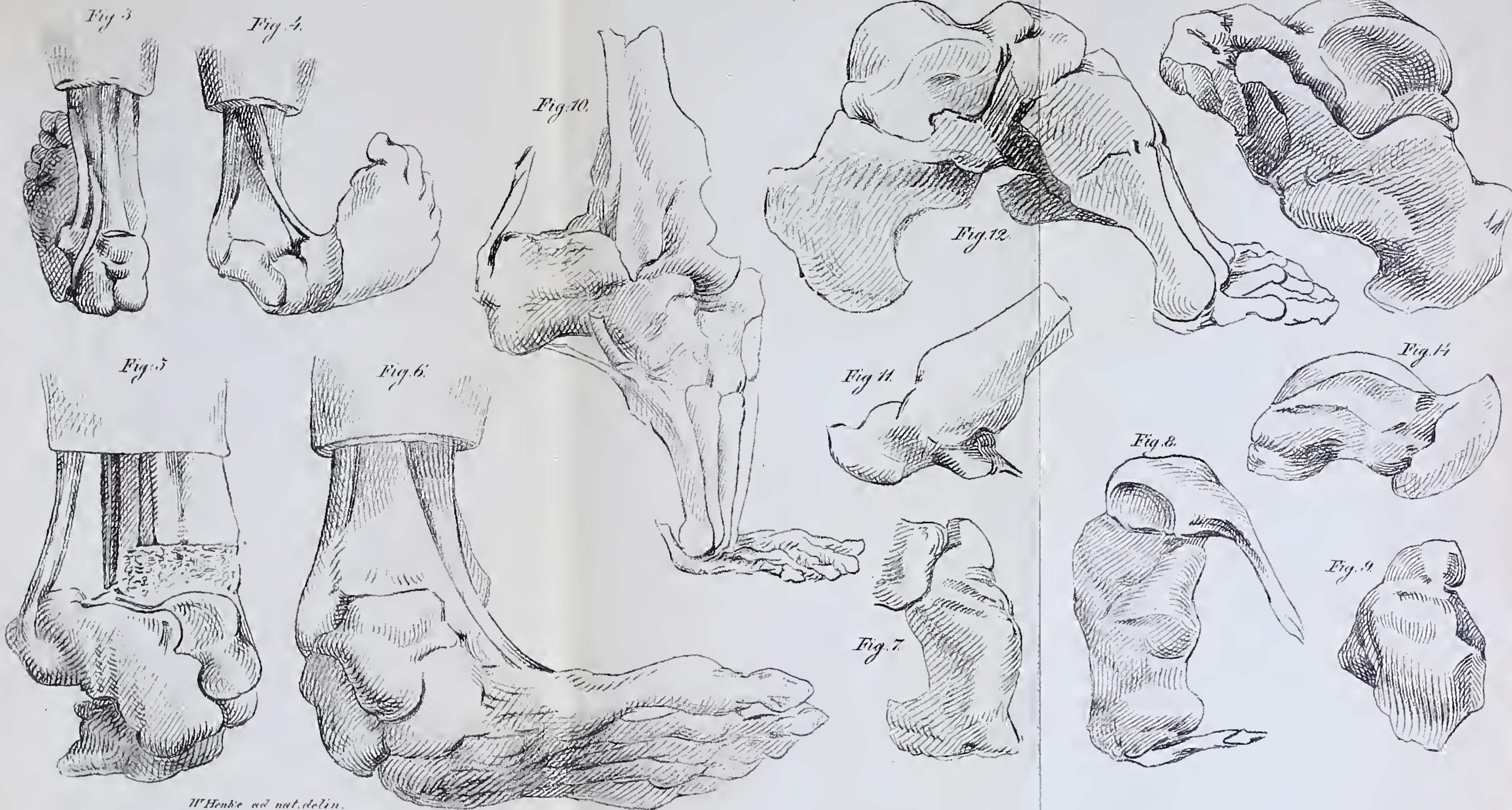
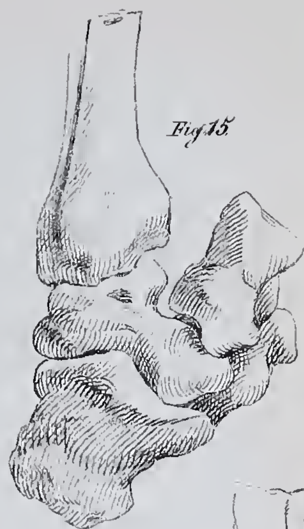

Fig. 1.a

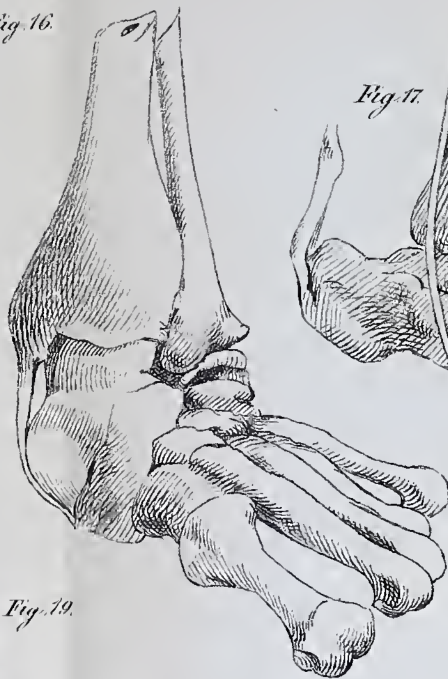
Fig. 1.b


Fig. 2.


Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 10.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 11.
Fig. 14
Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 9.
W. Henke ad nat. delin.

Taf. IX.


Fig. 15.


Fig. 16.

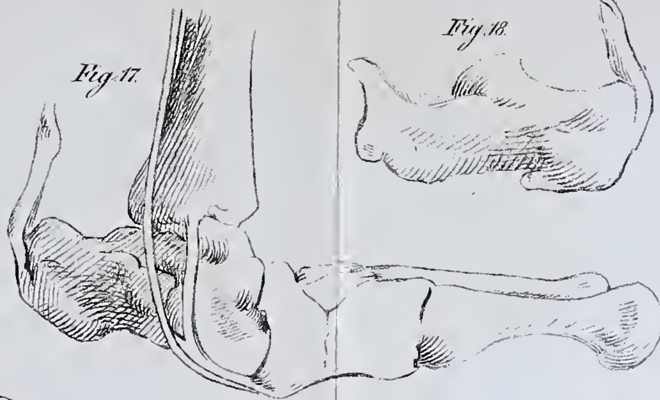
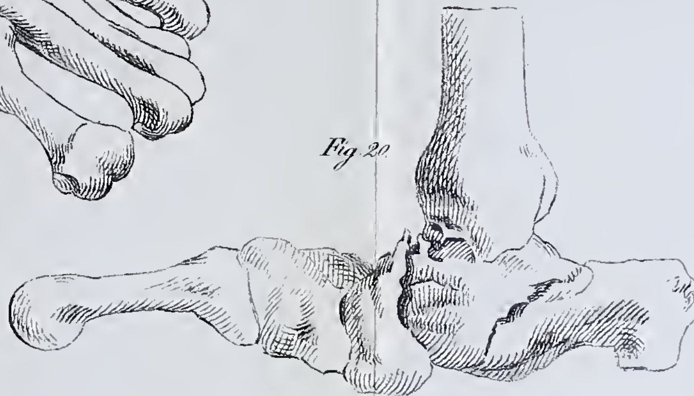

Fig. 17.


Fig. 18.


Fig. 19.


Fig. 20.